

Utveckling av Excelbaserat energiuppföljningsprogram

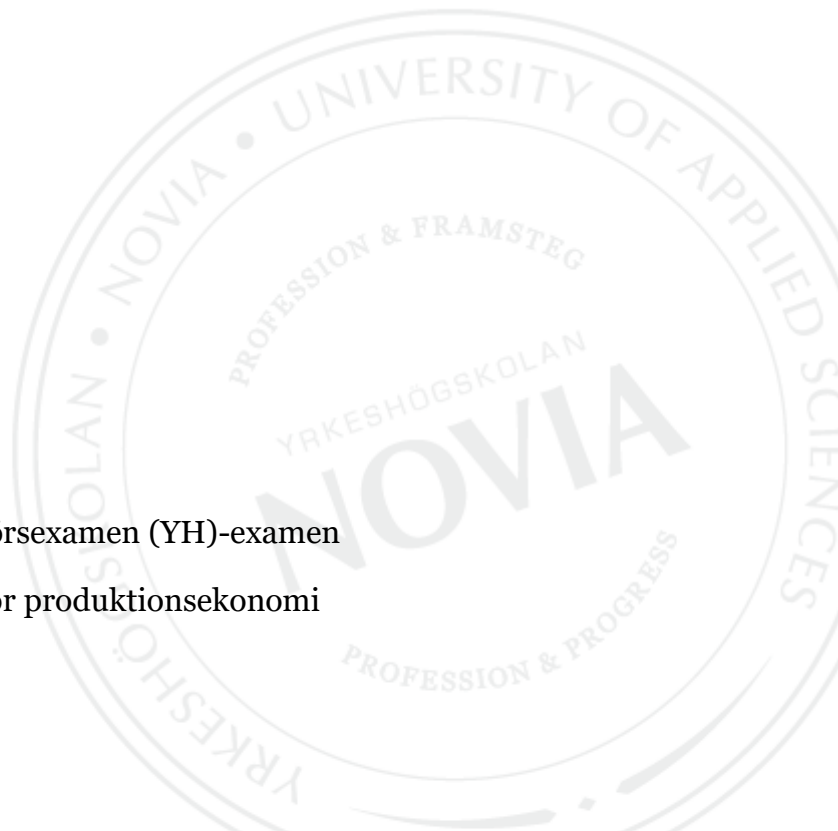
Ett stöd för energiledningen i ett stort företag

Robert Enqvist

Examensarbete för ingenjörsexamen (YH)-examen

Utbildningsprogrammet för produktionsekonomi

Vasa 2016



EXAMENSARBETE

Författare: Robert Enqvist

Utbildningsprogram och ort: Produktionsekonomi, Vasa

Handledare: Mats Borg, Markus Snellman

Titel: Utveckling av Excelbaserat energiuppföljningsprogram

Datum 19.4.2016

Sidantal 48

Bilagor 11

Abstrakt

EU:s energieffektivitetsdirektiv och Finlands energieffektivitetslag sätter krav på stora företag gällande energihantering och Snellmans Köttförädling Ab i Jakobstad är ett av de företag som påverkas av detta. Som en följd av bestämmelserna har man valt att certifiera ett energiledningssystem enligt ISO 50001 som första företag inom köttbranschen i Finland.

Syftet med detta examensarbete är att utveckla ett funktionellt verktyg för kontinuerlig energiuppföljning så att Snellmans Köttförädling kan börja följa upp energi- och vattenförbrukning på avdelningsnivå. För att säkerställa att programmet effektivt stöder företagets nya energiledningssystem har tämligen omfattande studier gjorts.

Den teoretiska bakgrunden utgörs av studier kring de krav som energibestämmelser och ISO 50001 ställer på företagets energiuppföljning. I teoridelen redogörs även för huvuddelarna i ett energiuppföljningssystem och en litteraturstudie har gjorts kring effektiv återkoppling av energiförbrukning.

Slutresultatet är ett program i Microsoft Excel med funktioner kodade i Visual Basic for Applications. Programmet stöder företagets energiledning genom att tillåta granskning av vatten- och energiförbrukning på avdelningsnivå utifrån automatiskt lagrade mätdata.

Språk: Svenska

Nyckelord: Energiuppföljning, energiuppföljningsprogram, energiuppföljningssystem, energieffektivitetsdirektivet, energiledningssystem, energivisualisering, EED, Excel energieffektivitetslagen, ISO 50001, VBA

BACHELOR'S THESIS

Author: Robert Enqvist

Degree Programme: Industrial Management, Vasa

Supervisors: Mats Borg, Markus Snellman

Title: Development of Excel-based Energy Monitoring System

Date 19.4.2016

Number of pages 48

Appendices 11

Summary

The EU Energy Efficiency Directive and the Finnish energy efficiency act obligates major corporations to better manage their energy use. Snellmannin Lihanjalostus Oy in Pietarsaari is one of the companies affected by these regulations. They have decided to apply for ISO 50001 certification for their energy management system as the first Finnish company in the meat business.

The purpose of this Bachelor's thesis is to develop a functional tool for continuous energy monitoring, which would allow the company to start monitoring submetered energy and water consumption at the departmental level. Extensive research has been done to ensure that the tool effectively supports the company's new energy management system.

The theoretical framework consists of studies about the requirements that energy regulations and ISO 50001 places on the company's energy monitoring system. It also presents the major components in an energy monitoring system. Furthermore a literature review has been made on effective energy feedback

The end result is an application based on Microsoft Excel, with functions coded in Visual Basic for Applications. The program supports the company's energy management by allowing the examination of water and energy consumption at the department level based on automatically stored data.

Language: Swedish

Key words: Energy Monitoring System, Energy Monitoring, EMS, EED, Energy Efficiency Act, ISO 50001, Energy Management, Energy Visualization, Excel, VBA

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	INLEDNING	1
1.1	Bakgrund.....	1
1.2	Problemområde	2
1.3	Syfte	2
1.4	Avgränsning.....	3
1.5	Företaget	3
1.6	Disposition	4
1.7	Centrala begrepp	5
2	EXTERNA KRAV	6
2.1	Energieffektivitetsdirektivet (EED)	6
2.2	Energieffektivitetslagen	7
3	ISO 50001	8
3.1	Kort om standarden.....	9
3.2	Ständig förbättring	9
3.3	Ledningens ansvar	10
3.4	Planering	11
3.5	Införande och tillämpning.....	13
3.6	Uppföljning	14
3.7	Konklusion av standardens krav på energiuppföljning.....	15
4	ENERGIUPPFÖLJNINGSTEORI	16
4.1	Energi- och vattenmätning.....	16
4.2	Kommunikation av energidata.....	20
4.3	Energiuppföljningsprogram	22
4.4	Effektivt utnyttjande av energidata.....	22

5	ENERGIUPPFÖLJNINGSPROGRAMMETS OMVÄRLD	27
5.1	Företagets energiledning	27
5.2	Företagets energisystem.....	28
5.3	Avdelningsvis energimätning	29
6	UTVECKLING AV ENERGIUPPFÖLJNINGSPROGRAM	30
6.1	Val av programvara	31
6.2	ApexRap	31
6.3	Excel	32
6.4	Effektiv datahämtning.....	34
6.5	Transparens	35
6.6	Standardiserade formler för datahämtning	35
6.7	Skärmkompatibilitet.....	37
6.8	Användargränssnitt och återkoppling	37
7	PROGRAMMETS UPPBYGGNAD	38
7.1	Allmän struktur på programmet.....	38
7.2	Programmets delar	39
8	RESULTAT	42
9	SAMMANFATTNING	44
10	REFERENSER	46

Bilagor

Bilaga 1	Meddelandefönster i programmet
Bilaga 2	Grafisk årsvy
Bilaga 3	Grafisk månadsvy
Bilaga 4	Grafisk veckovy
Bilaga 5	Grafisk dagsvy
Bilaga 6	Uppdelningsblad
Bilaga 7	Inställningsblad samt referensblad för skärmbredd
Bilaga 8	Infoblad
Bilaga 9	Datablad för 24 månader samt datablad för en månads dagar
Bilaga 10	Datablad för 52 veckor
Bilaga 11	Datablad för 14 dagar samt datablad för 24 timmar

1 INLEDNING

Att förhindra energislöseri och minska på energiförbrukningen blir allt viktigare i företag både av ekonomiska och miljömässiga skäl, men även på grund av politiska bestämmelser. EU:s energieffektivitetsdirektiv sätter krav på hur stora företag använder sin energi och Finlands nya energieffektivitetslag som trädde i kraft 2015 tillämpar kraven på nationell nivå. Snellmans Köttförädling i Jakobstad är ett av de företag som påverkats av energieffektivitetsdirektivet och energieffektivitetslagen och de har valt att certifiera sitt energiledningssystem enligt ISO 50001 som ett sätt att uppfylla lagkraven.

För att effektivisera energianvändningen och effektivt kunna utföra energiledning i ett företag krävs dock att man vet hur och var energin används i företaget. Genom att införa ett system för att övervaka och följa upp företagets energianvändning kan man öka kunskapen och möjligheten att identifiera energieffektiviseringsåtgärder, ta välgrundade beslut samt verifiera att utförda energibesparingsåtgärder har haft avsedd effekt (Voltium, 2013).

Den praktiska delen av detta examensarbete handlar om att utveckla ett energiuppföljningsprogram för Snellmans Köttförädling i Jakobstad som ett stöd till deras nya energiledningssystem. Programmet kommer att understöda avdelningsvis uppföljning av energi- och vattenförbrukning i företaget. Det teoretiska arbetet innefattar granskning av energilagor och bestämmelser som påverkar företagets energiuppföljning samt kraven i energiledningssystemet ISO 50001. I den teoretiska delen behandlas också huvuddelarna i ett energiuppföljningssystem såsom mätteknik, datakommunikation samt hur förbrukningsdata effektivt kan visualiseras.

“In God we trust, all others must bring data.” – W. Edward Deming

“If you can’t measure it, you can’t manage it” – Allmänt känt uttryck

1.1 Bakgrund

I slutet av september 2015 kontaktade jag Snellmans Köttförädling Ab:s tekniska chef Markus Snellman för att höra ifall de hade något projekt som skulle passa som ett examensarbete. Som en följd av den nya energieffektivitetslagen höll man som bäst på att införa ett energiledningssystem enligt den internationella standarden ISO 50001 i sin verksamhet och Snellman sade att det skulle finnas möjlighet att utföra ett examensarbete inom detta. Efter ett möte konstaterade vi att jag skulle kunna utföra en energikartläggning av Snellmans Köttförädlings fabrik på Granholmen i Jakobstad. Att utföra en energikartläggning är en del av kraven som måste uppfyllas för att kunna certifiera sig enligt ISO 50001 och företaget hade ännu inte gjort någon sådan.

Jag påbörjade arbetet med energikartläggningen som hade en ganska snäv tidsram. Finlands nya energieffektivitetslag krävde att företaget måste ha utfört en obligatorisk energibesiktning eller ha antagit ett certifierat energiledningssystem innan den 5:e december 2015 och man hade planerat att utföra en extern revision redan i slutet av oktober.

Eftersom det var relativt bråttom att utföra energikartläggningen hann man inte göra utförliga mätningar på energi- och vattenförbrukningen. En del verklig mätdata fanns att tillgå, medan större delen av t.ex. elanvändningen uppskattades genom inventering av installerade effekter där drifttider uppskattades eller avlästes från servicedagböcker.

Under arbetet med energikartläggningen framkom det att man borde införa flera undermätningar i fabriken. I och med det nya energiledningssystemet ville man också börja följa upp energi- och vattenförbrukningen kontinuerligt på avdelningsnivå. Kontinuerlig undermätning skulle understöda det nya energiledningssystemet bland annat genom att underlätta och förbättra framtida energikartläggningar samt möjliggöra uppsättande av avdelningsvisa mål. Man hade dock inget system för enkel kontinuerlig uppföljning av mätdata och därmed fick jag även uppdraget att utveckla en lösning för detta.

Efter en diskussion med min handledare på Yrkeshögskolan Novia konstaterades att examensarbetet skulle ha blivit brett av att inkludera både en energikartläggning enligt ISO 50001 och utveckling av ett uppföljningsprogram. Detta arbete kom därför att endast fokusera på utvecklingen av energiuppföljningsprogrammet.

1.2 Problemområde

Som följd av införandet av ISO 50001 ville man börja sätta mål och kontinuerligt följa upp elenergi, värme, kyla och vatten på avdelningsnivå. En mängd energi- och vattenmätare fanns redan installerade i fabriken men alla utnyttjades inte aktivt för att följa upp förbrukning. I företaget fanns redan ett system för att samla in och lagra mätdata. Man behövde dock ett enkelt och funktionellt program för att hantera och presentera förbrukning så att det effektivt skulle understöda företagets energiledningssystem.

1.3 Syfte

Den praktiska delen av arbetet innefattar att utveckla ett program i Microsoft Excel för att möjliggöra en enkel och automatisk energi- och vattenuppföljning i företaget. Uppföljningen ska synliggöra faktiska energianvändningssiffror från undermätningar i fabriken. Utgångspunkten är att varje processägare i företaget skall ha egna mätare att ansvara över så att man kan dela upp energianvändningen på avdelningsnivå och sätta månatliga förbrukningsmål på energi och vatten.

Programmet bör stödja lagkrav och företagets nya energiledningssystem enligt ISO 50001 samt främja energieffektiviseringsarbetet, vars slutliga mål är att höja på energiprestandan i företaget.

Ett delsyfte med programmet är att också i högre grad involvera och motivera personalen i energieffektiviseringsarbetet.

Det bör nämnas i inledningsskedet, att i företaget betraktas även vatten som en form av energi. I detta arbete kan termen energiuppföljning därför i vissa fall inkludera även vattenuppföljning.

1.4 Avgränsning

Uppföljningsprogrammet testades som ett pilotprojekt på medwurstavdelningen och i arbetet ingick även en del kartläggning av energi- och vattenmätning för denna avdelning. I det skriftliga arbetet kommer jag dock inte att ingående beskriva utförandet. Istället ges en generell beskrivning av hur energi- och vattenmätningar utförs i företaget.

1.5 Företaget

Uppdragsgivaren Snellmans Köttförädling Ab är ett bolag inom Snellmankoncernen. Koncernen är ett familjeföretag verksamt inom livsmedelsbranschen och omfattar förutom köttförädlingen också verksamhetsområdena färdigmat, djurmat, Panini och matservice. Hela koncernen sysselsätter i dagsläget cirka 1200 personer och av dessa arbetar största delen, cirka 900 personer på köttförädlingen i Jakobstad. (Snellmankoncernens årsberättelse, 2014)

Köttförädlingen har varit Snellmankoncernens huvudsakliga verksamhetsområde ända sedan år 1951 då företaget grundades. Snellmans Köttförädling är idag tredje störst i sin bransch i Finland och tillverkar kött- och charkprodukter av hög kvalitet under varumärket Herr Snellman. Till verksamheten hör anskaffning, slaktning, styckning och köttförädling samt produktion av olika köttprodukter. Nästan all verksamhet finns idag på industriområdet på Granholmen i Jakobstad, där detta examensarbete har utförts. (Välkommen till huset, 2015 ; Snellmankoncernens årsberättelse, 2014)

Energieffektivisering på Snellmans Köttförädling

Snellmans Köttförädling har länge strävat till att använda energi så effektivt som möjligt och som resultat av detta har man bland annat ökat sin energieffektivitet med nära 30 % under de senaste sju åren (YLE nyheter, 2016). Man har på många sätt varit en föregångare inom sin bransch när det gäller att effektivisera energianvändningen och tillvarata olika alternativa energiformer.

En av de mera anmärkningsvärda handlingar som gjorts skedde i augusti år 2014 då Snellmans Köttförädling blev det första företaget inom livsmedelsindustrin i Finland att använda biogas för att värma upp sin fabrik.

Genom ett samarbete med Jeppo biogas transporteras slam, gödsel och annat avfall till biogasanläggningen i Jeppo. Avfallet används till att producera biogas som sedan transporteras till Granholmen på flakcontainrar (figur 1).

Med denna lösning utnyttjar man avfall till att producera ren och miljövänlig metangas som sedan används till uppvärmning och ångproduktion i fabriken. Biogasen ersätter en miljon kilogram olja årligen.



Figur 1. Flakcontainer med biogas vid Snellmans Köttförädling (www.snellman.fi)

År 2015 började man införa ett energiledningssystem enligt ISO 50001 i sin verksamhet och i början av 2016 beviljades man certifiering som första företag inom köttbranschen i Finland.

1.6 Disposition

Arbetet inleds med att i kapitel två beskriva de lagar och direktiv som reglerar uppdragsgivarens energihantering och energiuppföljning. I kapitel tre beskrivs ISO 50001 med betoning på de krav som standarden ställer på kontinuerlig energiuppföljning.

Kapitel fyra beskriver de olika delarna i ett energiuppföljningssystem. Detta kapitel omfattar mätteknik och datakommunikation samt teori om hur energidata effektivt kommuniceras och visualiseras.

I kapitel fem presenteras uppdragsgivarens energisystem, energimätning och tillämpade energiledning för att ge en bakgrund till vilka förutsättningar som ligger till grund för utformningen av energiuppföljningsprogrammet.

Kapitel sex redogör för de praktiska metoder som använts till att utforma programmet och i kapitel sju presenteras det färdiga programmets struktur och användning.

I det åttonde kapitlet tolkas resultatet av arbetet och det sista kapitlet består av en avslutande diskussion.

1.7 Centrala begrepp

BMS: Building Management System. Ett fastighetsautomationssystem som kan ses som en enklare form av ett SCADA system.

EED: Förkortning av EU:s energieffektivitetsdirektiv (2012/27/EU)

Energianvändning: Hur energin används; t.ex. ventilation, belysning, produktionslinjer. (SS-EN ISO 50001:2011)

Energieffektivitet: Hur väl energin utnyttjas. Förhållande mellan t.ex. producerade varor, tjänster, prestanda och tillförd energi. (SS-EN ISO 50001:2011)

Energikartläggning: Bestämning av ett företags energiprestanda baserat på data och annan information. Hjälper till att identifiera förbättringsmöjligheter. (SS-EN ISO 50001:2011)

Energikonsumtion: Mängden energi som används (SS-EN ISO 50001:2011)

Energiledningssystem: en uppsättning sammanhängande eller interagerande element i en plan som anger energieffektivitetsmål och en strategi för att nå målet. (2012/27/EU)

Energipolicy: En text utformad av företagets ledning som innehåller avsikter och inriktning gällande företagets energiprestanda. Utgör en grund för att skapa energimål i företaget. (SS-EN ISO 50001:2011)

Energiprestanda: Mätbara resultat som innefattar energieffektivitet, energianvändning och energikonsumtion. (SS-EN ISO 50001:2011)

ETJ+: Ett energiledningssystem utformat av det statligt ägda bolaget Motiva Oy. Systemet bygger på ständig förbättring av energieffektivitet och omfattar kraven i ISO 50001 standarden gällande energibesiktningar. ETJ+ har dock i övrigt lättare krav än ISO 50001.

ISO 50001: En internationell standard för energiledning. Är godkänd för att uppfylla EED:s och energieffektivitetslagens krav på energikartläggning i stora företag.

Nyckeltal för energi: Ett valfritt mått för att definiera energiprestanda. Kan vara ett enkelt värde eller en komplex modell. (SS-EN ISO 50001:2011)

PLC: Programmable Logic Controller. Programmerat styrsystem

Referensvärde för energi: En utgångsnivå mot vilken energiprestanda kan jämföras. Kan normaliseras mot t.ex. produktionsnivå eller väder. Används till att mäta energibesparing från utförda åtgärder. (SS-EN ISO 50001:2011)

SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition. En typ av datasystem som används främst inom industrin för att övervaka processer och styra funktioner.

VBA: Visual Basic for Applications. Programmeringsspråket i Microsoft Office program.

VBE: Visual Basic Editor. Utvecklingsmiljön som används för att skriva VBA-kod i Excel.

2 EXTERNA KRAV

I kapitlet ges en bakgrund till de externa krav som berör Snellmans Köttförädlings energianvändning och energiuppföljning och som delvis har gett upphov till beslutet om en certifiering enligt ISO 50001.

Energieffektivitetsdirektivet har tvingat EU-länderna att effektivisera sin energianvändning bland annat genom att göra det obligatoriskt att utföra energibesiktningar i stora företag. I Finland tillämpas detta konkret genom energieffektivitetslagen.

2.1 Energieffektivitetsdirektivet (EED)

År 2007 ställde EU upp som mål att unionens årliga energiförbrukning skulle minskas med 20 procent fram till 2020 jämfört med energiförbrukningsprognoserna. Man satte också som mål att 20 % av energin ska komma från förnybara energikällor samt att utsläppen av växthusgaser ska vara 20 % lägre än 1990. När man senare märkte att man inte kommer att uppnå målen upprättade man en lagstiftning, kallad energieffektivitetsdirektivet, för att driva på utvecklingen.

EU:s direktiv om energieffektivitet, som trädde i kraft den 4 december 2012, syftar till att uppnå EU:s övergripande energieffektivitetsmål. Direktivet omfattar produktion och användning av energi inom både den privata och den offentliga sektorn. Energieffektivitetsdirektivet ersätter EU:s tidigare direktiv om energitjänster samt CHP-direktivet om kraftvärme (Arbets- och näringsministeriet, 2015).

Ett sätt som direktivet strävar till att öka energibesparingar är genom energibesiktningar i företag. Enligt artikel åtta i energieffektivitetsdirektivet (2012/27/EU) måste medlemsstaterna främja alla slutanvändares tillgång till högkvalitativa och kostnadseffektiva energibesiktningar. Energibesiktningarna ska utföras på ett oberoende sätt av kvalificerade experter eller genomföras och övervakas av oberoende myndigheter enligt nationell lagstiftning. (2012/27/EU)

Eftersom man anser att energibesparingarna kan vara betydande i stora företag tvingas medlemsstaterna att se till att energibesiktningarna blir obligatoriska för dessa. Som stora företag räknas här de företag som har fler än 250 anställda eller vars omsättning överstiger 50 miljoner euro och balansomslutning överstiger 43 miljoner euro. Energibesiktningarna skall ha utförts senast den 5 december 2015 och därefter skall energibesiktningarna upprepas minst vart fjärde år. (2012/27/EU)

Energibesiktningarna får göras av interna experter eller energibesiktningsmän i företaget, under förutsättning att den berörda medlemsstaten har infört ett system för kvalitetssäkring och kvalitetskontroll för detta. (2012/27/EU)

För att garantera en hög kvalitet på energibesiktningarna och energiledningssystemen ska medlemsstaterna fastställa minimikriterier för energibesiktningarna. Minimikriterier för besiktningarna är att de ska:

- basera sig på aktuella, uppmätta och spårbara data om energianvändning. För el bör kartläggningen även innefatta användningsprofiler.
- omfatta en ingående översyn av energianvändningsprofiler hos byggnader, industriprocesser eller -anläggningar samt transport.
- i mån av möjlighet bygga på en analys av livscykelkostnader (LCC) i stället för enkla återbetalningsperioder, så att man tar hänsyn till långsiktiga besparingar som inkluderar restvärden m.m.
- vara proportionerliga och tillräckligt representativa för att kunna ge en tillförlitlig bild av den totala energiprestandan
- ge underlag till identifiering av de viktigaste möjligheterna till förbättringar
- möjliggöra validerade beräkningar så att tydlig information kan fås om potentiella besparingar (2012/27/EU)

Uppgifterna som används vid energibesiktningarna ska även kunna lagras för historisk analys och för uppföljning av resultat. (2012/27/EU)

De företag som tillämpar ett energiledningssystem eller miljöförvaltningssystem certifierat av ett oberoende organ i enlighet med tillämpliga europeiska eller internationella standarder, undantas dock från direktivens krav om energibesiktningar. Med europeiska eller internationella standarder menas i praktiken EN ISO 50001 (energiledningssystem), EN 16247-1 (energibesiktningar) eller EN ISO 14000 (miljöledningssystem). Också ifall ett företag har ingått frivilliga avtal mellan intresseorganisationer och ett organ som utsetts och övervakas av den berörda medlemsstaten anses man uppfylla energibesiktningsskraven. Medlemsstaterna måste dock säkerställa att dessa ledningssystem eller avtal inbegriper eller utförs tillsammans med energibesiktningar som står i enlighet med direktivens minimikrav som nämndes ovan. (2012/27/EU)

2.2 Energieffektivitetslagen

Den första januari 2015 trädde den nya så kallade energieffektivitetslagen i kraft i Finland. Genom den nya lagen sätts de bestämmelser i energieffektivitetsdirektivet (2012/27/EU) som förutsätter nationell lagstiftning i kraft.

I den nya lagen skrivs det bland annat om stora företags skyldighet att genomföra obligatoriska energibesiktningar med fyra års mellanrum och lagen omfattar alla stora företag oberoende av bransch. Även i Finland är kravet att företagen skall ha utfört sin första energibesiktning innan den 5 december 2015. (2014/1429)

Tidigare kunde man få stöd för att utföra energibesiktningar men eftersom de nu blev obligatoriska för stora företag så beviljas inte längre stöd för dessa. Små och medelstora företag kan dock fortfarande ansöka om stöd för energibesiktningar från NTM-centralen. (Valtioneuvosto, 2014)

I Finland kan stora företag befrias från kravet om obligatorisk energibesiktning ifall de:

- 1) innehar ett certifierat energiledningssystem enligt ISO 50001.
- 2) innehar ett certifierat miljöledningssystem enligt ISO 14001 tillsammans med ett certifierat ETJ+ energiledningssystem. (ett lättare energiledningssystem utformat av Motiva Oy)
- 3) deltar i ett frivilligt system med energieffektivitetsavtal tillsammans med ETJ+ energiledningssystemet. (2014/1429) (Energiavirasto, 2015)

ETJ+ och ISO 50001 innehåller båda krav på att utföra så kallade energikartläggningar och uppfyller på så vis lagens krav om energibesiktningar. Kartläggningarna måste dock uppfylla de minimikrav som ställs i lagen gällande energibesiktningar. Bland annat bör de baseras på tillförlitliga, aktuella samt, om möjligt, uppmätta och spårbara operativa uppgifter om energiförbrukning och användningsprofiler (2014/1429).

3 ISO 50001

Energieffektivitetslagen, som är en följd av EU:s energieffektivitetsdirektiv, kräver att stora företag utför regelbundna energibesiktningar eller inför ett energiledningssystem enligt de i kapitel 2.2 nämnda kombinationerna.

Snellmans Köttförädling räknas som ett stort företag och omfattas därför av energieffektivitetslagen. Företaget har sedan tidigare certifierat ett miljöledningssystem enligt ISO 140001 och man deltar även i frivilliga energieffektivitetsavtal, vilket betyder att det hade räckt med att tillämpa ETJ+ systemet för att befrias från kravet om obligatoriska energibesiktningar. Man har dock valt att certifiera ett energiledningssystem enligt ISO 50001, vilket är det mest krävande sättet att uppfylla lagens krav. Genom att certifiera sig enligt ISO 50001 befrias Snellmans Köttförädling från energieffektivitetslagens (2014/1429) krav på energibesiktningar av stora företag.

I detta kapitel redogörs för ISO 50001-standarden, vad det är samt vilka krav som ställs på energiuppföljning och mätning.

3.1 Kort om standarden

ISO 50001 är en internationellt godkänd standard för energiledning som utkom 2011. Dess syfte är att hjälpa olika typer av organisationer att tillämpa ett systematiskt angreppssätt för ständig förbättring av sitt energiledningssystem och sin energiprestanda.

Termen energiprestanda innefattar energikonsumtion, energianvändning och energieffektivitet. Det vill säga hur mycket energi som används, på vilket sätt man använder energin samt hur effektivt den används. (SS-EN ISO 50001:2011, s. 1-3)

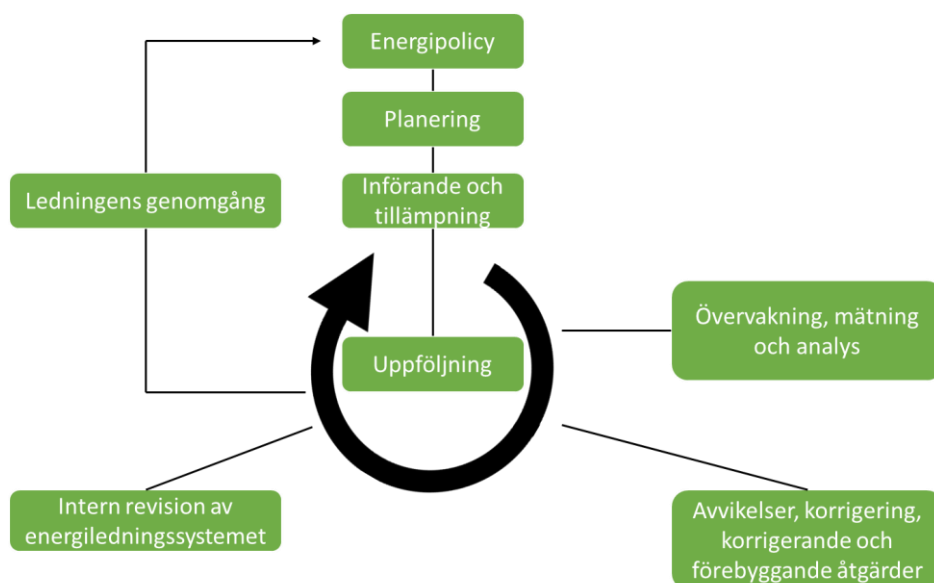
ISO 50001 innehåller inga konkreta förbättringskrav gällande energiprestanda, men standarden ställer krav på organisationer att:

- utveckla en energipolicy för en mer effektiv användning av energi
- fastställa mål för att genomföra energipolicyn
- använda data för att bättre förstå och fatta beslut om energianvändning
- mäta resultaten
- granska hur bra energipolicyn fungerar
- ständigt förbättra sin energiledning (ISO, 2016)

3.2 Ständig förbättring

ISO 50001 är baserad på modellen ständig förbättring, vilken även används i andra välkända ledningssystemstandarder såsom ISO 9001 eller ISO 14001. Detta innebär att standarden kan integreras med andra system inom ISO familjens ledningssystem, främst då med miljöledningssystemet ISO 14001. (ISO, 2016)

Strukturen för ständig förbättring bygger på den välkända *PDCA cykeln* (Plan-Do-Check-Act). Detta innebär att energieffektivitetsarbetet genomförs i fyra faser: planering, genomförande, uppföljning och förbättring. I planeringsfasen genomförs en energikartläggning varefter man fastställer ett referensvärde för energi, nyckeltal för energi, övergripande och detaljerade energimål samt handlingsplaner som krävs för att förbättra energiprestanda enligt företagets energipolicy. I genomförandefasen utförs sedan handlingsplanerna för energiledning. I uppföljningsfasen ingår övervakning och mätning av processer och nyckelegenskaper, samt jämförelse av resultat mot energipolicyn och övergripande energimålen. Förbättringsfasen innefattar vidtagande av åtgärder för att ständigt förbättra både företagets energiprestanda och energiledningssystemet. När de fyra stegen i modellen har avslutats, börjar cykeln om igen. I figur 2 (se s. 10) illustreras energiledningssystemets koncept såsom det beskrivs i ISO 50001 standarden. (SS-EN ISO 50001:2011)



Figur 2. Energiledningssystemet enligt ISO 50001 (egen figur)

3.3 Ledningens ansvar

Standarden sätter först och främst ansvaret på företagets ledning att understödja energiledningssystemet och ständigt förbättra det.

En av de viktigaste uppgifterna för högsta ledningen är att fastställa och underhålla en energipolicy. Energipolicyn skall beskriva företagets åtaganden att åstadkomma förbättring av energiprestandan och man bör beakta lagar samt andra krav när man utformar den. Energipolicyn utgör en grund för att fastställa och följa upp övergripande och detaljerade energimål. Policyn bör vara lämplig för organisationen och skall kommuniceras till alla nivåer i företaget. (SS-EN ISO 50001:2011, s. 5-6)

Högsta ledningen skall även tillsätta en energiledningsgrupp och utse en representant för ledningen. Ledningens representant är den som har ansvar att underhålla energiledningssystemet så att det understöder energipolicyn. Denne rapporterar också om energiprestanda till högsta ledningen och ser till att allt fungerar. (SS-EN ISO 50001:2011, s. 5-6)

Ledningen bör också tillhandahålla resurser som är nödvändiga för att upprätta, införa, underhålla och förbättra energiledningssystemet och energiprestandan i företaget. Vidare skall högsta ledningen tydliggöra energiledningssystemets omfattning och avgränsningar samt kommunicera vikten av energiledning inom organisationen. (SS-EN ISO 50001:2011, 2011, s. 5)

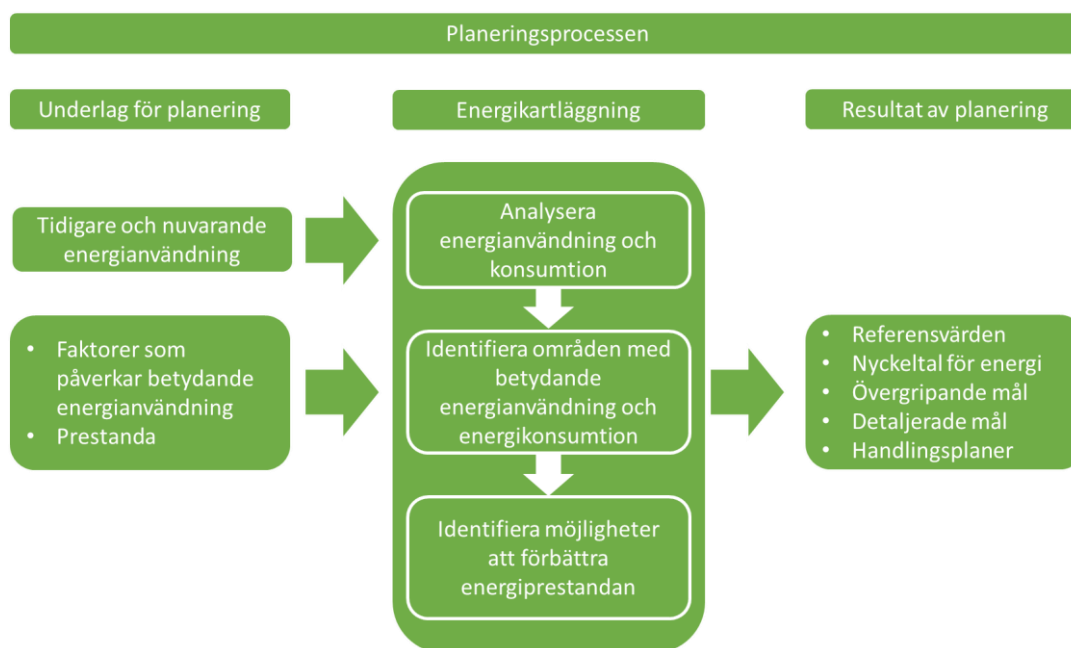
Till ledningens uppgift hör även att säkerställa att företaget har övergripande och detaljerade energimål och att man har fastställt lämpliga nyckeltal för energi. Ledningen bör även säkerställa att resultat mäts och rapporteras med fastställda intervall. (SS-EN ISO 50001:2011, 2011, s. 5)

Högsta ledningen skall också genomföra ledningsgenomgångar med planerade intervall för att granska energiledningssystemet. Vid ledningsgenomgångarna går man igenom sin energipolicy, energiprestanda, nyckeltal, lagkrav, förväntad energiprestanda för nästa period, status för åtgärder, hur man har uppnått sina mål, resultatet från revisioner samt rekommendationer till förbättringar. Utifrån genomgången skall högsta ledningen sedan ta beslut om förändringar i företagets energiprestanda, energipolicy, nyckeltal, energimål och energiledningssystem samt tilldela de resurser som behövs för detta. (SS-EN ISO 50001:2011, s. 5, s.12)

3.4 Planering

ISO 50001 kräver även att företaget skall ha en energiplaneringsprocess som överensstämmer med energipolicyn och leder till åtgärder som kontinuerligt förbättrar energiprestandan. Planeringen skall innefatta en kartläggning av de verksamheter som kan påverka energiprestandan.

Utifrån kartläggningens resultat kan man sedan skapa referensvärden, nyckeltal, mål och handlingsplaner (SS-EN ISO 50001:2011, 2011, s. 6). Nedan i figur 3 illustreras energiplaneringskonceptet enligt ISO 50001.



Figur 3. Planeringsprocessen för energi enligt ISO 50001 (egen figur)

3.4.1 Energikartläggning

ISO 50001 innehåller krav på att företaget ska genomföra och underhålla en energikartläggning såsom illustreras i figur 3. En energikartläggning är en detaljerad kartläggning av energiprestanda i företaget. Det kan göras för hela företaget eller för en enskild process i företaget och baserar sig på lämpliga mätningar och observationer av faktisk energiprestanda. (SS-EN ISO 50001:2011, s. 17)

Energikartläggningen inleds med en analys av energianvändning och energikonsumtion som baseras på mätresultat och andra data. I analysen bestäms vilka energikällor som används i företaget och man utvärderar också tidigare och aktuell energianvändning och energikonsumtion. (SS-EN ISO 50001:2011, s. 7—17)

Utifrån analysen skall man identifiera de områden som har betydande energianvändning och energikonsumtion. Detta kan vara anläggningar, utrustning, system, processer eller personer som väsentligt påverkar energiprestandan. Man skall också identifiera andra relevanta faktorer som betydligt påverkar energianvändning. Vidare bör man bestämma energiprestanda för de områden som har en betydande energianvändning och uppskatta framtida energianvändning och energikonsumtion. (SS-EN ISO 50001:2011, s. 7—17)

Slutligen skall man utifrån resultatet identifiera, prioritera och dokumentera möjligheter att förbättra energiprestandan. Resultatet av kartläggningen innefattar vanligtvis information om aktuell konsumtion och prestanda och kan innehålla rangordnade rekommendationer till förbättring. (SS-EN ISO 50001:2011, s. 7—17)

Metoder och kriterier som används för att genomföra energikartläggningen ska dokumenteras. Energikartläggningen bör även uppdateras vid förutbestämda intervall samt om större förändringar sker i utrustningar, processer, anläggningar eller system. (SS-EN ISO 50001:2011, s. 7)

3.4.2 Referensvärden och nyckeltal

Med hjälp av informationen från den inledande energikartläggningen ska företaget fastställa ett eller flera referensvärden. Referensvärden skall underhållas och dokumenteras och data skall täcka en tidsperiod som bedöms lämplig och representativ. Att det är lämpligt innebär att man beaktar variabler som ändrar över tid, t.ex. väderförhållanden, säsongsvariationer och andra cykliska variationer. (SS-EN ISO 50001:2011, s. 7—8)

Företaget ska också välja ut lämpliga nyckeltal för energi för att mäta och övervaka energiprestanda. Nyckeltal för energi kan vara ett enkelt mätvärde, en kvot eller en komplex modell; t.ex. konsumtion per tidsenhet eller producerad enhet eller en flervariabelmodell. Metoden för bestämning och uppdatering bör vara dokumenterad och metoden ska granskas regelbundet. Nyckeltalen för energiprestanda ska granskas och jämföras mot referensvärden när så är lämpligt. (SS-EN ISO 50001:2011, s. 8—17)

3.4.3 Energimål samt handlingsplaner för energiledning

Standarden kräver också att företaget ska upprätta och underhålla övergripande och detaljerade energimål för relevanta processer, nivåer, funktioner eller anläggningar. Tidsplaner ska också upprättas för när målen bör vara uppnådda. (SS-EN ISO 50001:2011, s. 8)

De övergripande och detaljerade målen ska stå i samklang med energipolicyn och de detaljerade målen skall överensstämja med de övergripande målen. Man skall också ta hänsyn till betydande energianvändning och möjligheter till förbättring av energiprestandan som identifierats i energikartläggningen. (SS-EN ISO 50001:2011, s. 8)

För att nå målen skall man sedan upprätta och underhålla handlingsplaner. Handlingsplanerna ska omfatta ansvarsfördelning, åtgärder och tidsplaner för när varje mål planeras vara uppnått samt uppgifter om hur resultatet och förbättring av energiprestandan kan verifieras. Handlingsplanerna ska dokumenteras och uppdateras vid fastställda intervall. (SS-EN ISO 50001:2011, s. 8)

3.5 Införande och tillämpning

Införande och tillämpning av energiledningssystemet består av en process i sex steg. Utbildning, kommunikation, dokumentation, verksamhetsstyrning, konstruktion och utformning samt upphandling.

Genom utbildning bör företaget se till att personal och andra personer som väsentligt påverkar energianvändningen har tillräcklig kompetens. Personal och andra anställda personer ska vara medvetna om företagets energipolicy och rutiner och veta sina roller, ansvarsområden och befogenheter att uppfylla kraven i energiledningssystemet samt förstå fördelarna med en förbättrad energiprestanda. Personalen skall också vara medvetna om sin verkliga eller potentiella inverkan på energiprestandan och få information om hur deras aktiviteter och handlingar bidrar till att uppnå energimålen. (SS-EN ISO 50001:2011, s. 9)

Företaget ska också kommunicera energiprestandan och energiledningssystemet internt på ett lämpligt sätt och upprätthålla en process genom vilken alla arbetare kan ge förbättringsförslag gällande energiledningssystemet. (SS-EN ISO 50001:2011, s. 9)

Standarden kräver att åtminstone energipolicyn, energiledningssystemets omfattningar och avgränsningar, energimål samt handlingsplaner skall vara dokumenterade. Detta kan vara i pappers- eller elektroniskt format. Företaget ska även upprätta rutiner för att godkänna och regelbundet granska dokument samt säkerställa att rätta versioner används m.m. (SS-EN ISO 50001:2011, s. 9—10)

Genom verksamhetsstyrning ska företaget identifiera, planera och fastställa aktiviteter för drift och underhåll av verksamheter som har betydande energianvändning. Företaget ska sedan upprätta rutiner och kriterier för effektiv drift och underhåll för dessa verksamheter samt naturligtvis följa dessa. Man ska även kommunicera rutinerna och kriterierna till den personal som berörs. (SS-EN ISO 50001:2011, s. 10)

Vid konstruktion och utformning av anläggningar, utrustning, system och processer måste företaget ta i beaktande påverkan på energiprestandan så att man strävar till att förbättra den. Företaget bör även ta i beaktande energiprestanda vid alla typ av inköp som betydligt påverkar energiprestandan samt informera leverantörer om att man tar detta i beaktande vid upphandlingen. (SS-EN ISO 50001:2011, s. 10)

3.6 Uppföljning

ISO 50001 standarden kräver att företaget med planerade intervall går igenom energirelaterade lagar och andra krav som det berörs av. Företaget skall också med planerade intervall genomföra interna revisioner för att se till att energiledningssystemet fungerar som det borde. De interna revisionerna kan utföras antingen av interna eller utomstående personer men revisorerna bör vara opartiska och objektiva. (SS-EN ISO 50001:2011, s. 11—18)

För alla slags konstaterade och tänkbara avvikelser som upptäcks måste man granska och fastställa orsaken. Man bör också vidta nödvändiga åtgärder för att korrigera avvikelserna och förhindra återuppkomst. Åtgärder som görs skall dokumenteras och resultatet av åtgärderna skall granskas. (SS-EN ISO 50001:2011, s. 12)

Företaget måste också säkerställa att de nyckelegenskaper i verksamheterna, som avgör vilken energiprestanda som uppnås, övervakas, mäts och analyseras med planerade intervall. Resultatet från mätning och övervakning av nyckelegenskaperna ska dokumenteras. (SS-EN ISO 50001:2011, s. 11)

De nyckelegenskaperna som enligt standarden bör övervakas, mätas och analyseras är åtminstone:

- betydande energianvändning och andra resultat från energikartläggningen
- relevanta variabler som betydligt påverkar energianvändningen
- nyckeltalen för energi
- hur verkningsfulla handlingsplanerna är för att uppnå energimålen
- utvärdering av förhållandet mellan faktisk och förväntad energikonsumtion (SS-EN ISO 50001:2011, s. 11)

Företaget bör också ta fram och tillämpa en plan för energimätning. Planen ska vara anpassad till organisationens storlek och komplexitet och även till den utrustning som man har för övervakning och mätning. Företaget bör ange sitt behov av energimätning och regelbundet se över behovet. Man bör också säkerställa att utrustningen som används levererar noggranna och repeterbara data. (SS-EN ISO 50001:2011, s. 11)

Enligt standarden kan mätning innebära allt från endast mätning av konsumtion för små organisationer upp till *”fullständiga övervaknings- och mätsystem kopplade till mjukvara som kan sammanställa data automatiskt och analysera informationen”*. Företaget avgör alltså själv vilken utrustning och vilka metoder för mätning som är lämpliga, beroende på organisationens komplexitet. (SS-EN ISO 50001:2011, s. 11)

3.7 Konklusion av standardens krav på energiuppföljning

Som nämnt i föregående kapitel så kräver ISO 50001 standarden att företaget har en plan för energimätning och uppföljning. Inga konkreta krav ställs på mätningens omfattning men ett heltäckande mätsystem som kontinuerligt följer upp energiförbrukningen stöder energiledningssystemet på flera olika sätt, både i planerings- och uppföljningsfasen.

Först och främst ger det verkliga siffror som underlag till en energikartläggning. En kontinuerlig uppföljning hjälper vid kartläggningen till att analysera företagets tidigare och nuvarande energiprestanda, att identifiera områden med betydande energianvändning samt att identifiera faktorer som påverkar energiförbrukningen. Det underlättar även till att uppskatta framtida energianvändning.

Genom att mäta energiförbrukning på flera nivåer i företaget kan man skapa konkreta detaljerade mål och nyckeltal i företaget samt kontrollera ifall målen har uppnåtts. Man får även information om hur verkningsfulla olika energieffektiviseringsåtgärder har varit och kan lättare upptäcka avvikelser i energiprestanda. Genom att utföra undermätningar i företaget kan också personalen få bättre information om hur deras aktiviteter och handlingar bidrar till att uppnå energimålen, vilket förutsätts i standarden.

Ett energiuppföljningssystem är alltså en viktig del, och stöder många aspekter i ett energiledningssystem. För att ISO 50001-standardens skall kunna uppfyllas måste man i praktiken kontinuerligt mäta, samla, bearbeta och analysera förbrukningsdata i företaget.

4 ENERGIUPPFÖLJNINGSTEORI

För en effektiv och målinriktad energiledning krävs det att man följer upp energianvändningen i företaget (Motiva, 2015). Detta kunde även konstateras i föregående kapitel. Ett heltäckande mätsystem med undermätningar ger data om hur energi och vatten fördelas i företaget och hjälper till att upptäcka onödig konsumtion.

Genom att kontinuerligt följa upp energiförbrukning kan man:

- få uppgifter om hur energiförbrukningen fördelar sig i företaget
- få information om säsongsvariationer
- jämföra energiförbrukningen mot tidigare perioders förbrukningar
- se verkliga effekter av de åtgärder som gjorts för att förbättra energieffektiviteten
- upptäcka problemområden och funktionsfel
- få information som underlättar budgetering (Motiva, 2015)

Det är också viktigt att förmedla uppföljningsinformation till de som kan inverka på förbrukningen så att det understöder kontinuerligt energieffektivt arbete.

Denna teoridel redogör för de olika delarna som återfinns i ett system för att samla in och elektroniskt presentera energiförbrukning i ett företag. Avsnittet börjar på en konkret nivå med att beskriva olika typer av mätare som används för energiuppföljning, för att sedan ge en kort beskrivning av datakommunikation och programvara. I slutet redogörs för hur energiuppföljningsdata effektivt kan utnyttjas för att påverka personalens medverkan i energieffektiviseringsarbetet och leda till energibesparing.

4.1 Energi- och vattenmätning

För att följa upp energi- och vattenanvändning i ett företag så behövs först olika typer av givare och mätare som registrerar förbrukningsdata. Detta kapitel kommer att beskriva några vanliga mätare och givare som kan användas till fördelningsmätning av el, vatten, värme och kyla.

4.1.1 Elmätare

Alla fastigheter som är anslutna till det allmänna nätet har en eller flera huvudmätare som kan användas för att avläsa energiförbrukning. Enligt Finlands mättningsförordning är elnätssleverantörerna också skyldiga att ge sina kunder möjlighet att följa upp elförbrukningen i realtid genom t.ex. pulsutgångar på huvudmätaren ifall kunden så önskar. (66/2009)

För att kunna göra en noggrann analys och jämförelse av mätdata så ger huvudmätaren dock inte tillräckligt med information i ett stort företag. Genom att installera flera undermätare i apparatskåp eller elcentraler kan man få en klarare bild av förbrukningen.

I verksamhet som är känslig för produktionsstopp är det lämpligt att installera mätare som fungerar med delbara strömtransformatorer. Dessa har transformertänger som kan anslutas runt ledare utan att bryta strömkretsen. I ett trefassystem sätter man en tång runt varje ledare och strömmen induceras med ett givet förhållande till transformertången varefter den kan räknas om till en eleffekt i elenergimätaren. Carlo Gavazzi EM21 är ett exempel på en sådan elenergimätare (se figur 4).



Figur 4. Trefas elenergimätare med delbara transformatorer

4.1.2 Temperaturgivare

Vid beräkning av värmeenergiförbrukning behöver man mäta olika temperaturer. Temperatur tillsammans med flöde är de parametrar som mest mäts inom industrin (Grahm, et al., 2008, s. 289).

Den mest använda typen av temperaturgivare är platinamotståndstermometern (PRT), detta eftersom platinagivaren är väldigt noggrann. Vanligaste typen av platinagivare är Pt-100 givaren där talet 100 betyder att givarens nominella resistans vid 0°C är 100 ohm, men även Pt-500 och Pt-1000 givare är vanliga. Det finns också andra typer av motståndsgivare som är gjorda av nickel (Ni) eller koppar (Cu). Gemensamt för alla motståndsgivare är att resistansen höjs vid ökad temperatur. (Grahm, et al., 2008, s. 289-294)

En annan vanlig typ av temperaturgivare är halvledartermometrar (termistorer). Dessa finns i PTC- (Positive Temperature Coefficient) eller NTC- (Negative Temperature Coefficient) utförande där resistansen antingen ökar eller minskar med temperaturen. (Grahm, et al., 2008, s. 289-294)

Genom att koppla temperaturgivarna till någon form av elektronik, såsom en energimätare, kan man ändra om den analoga resistansen till ett temperaturvärde i digital form och således använda värdet för energiberäkningar.

4.1.3 Flödesmätning

Flödesmätare behövs för att mäta vattenförbrukning men även för att mäta flöden när man vill beräkna överföring av värmeenergi i ett vätskeburet system. I detta kapitel kommer kort att beskrivas de vanligaste typerna av volymflödesmätare som används för att mäta vätskeflöden.

Mekaniska flödesmätare

Den vanligaste typen av mekaniska flödesmätare är volymetriska flödesmätare som bland annat används som debiteringsmätare av kommunala vattenverk. Det finns olika typer av volymetriska flödesgivare såsom ringkolvsmätare och lamellhjulsmätare. Alla volymetriska flödesgivare fungerar dock med ”hinkmetoden” (Grahm, et.al., 2008, s. 220). Det betyder att vätskan förflyttas genom mätaren en liten bestämd volym i taget och på så vis uppmäts hur mycket vatten som fysiskt har passerat genom mätaren. Till mekaniska flödesmätare hör även turbinmätare som syns i figur 5 nedan. Dessa mätare består av en turbin fäst på en axel i flödets riktning. Turbinens varvtal är proportionellt mot vätskans flödes hastighet.



Figur 5. Mekanisk turbinflödesmätare av modell Sensus WP Dynamic

Induktiva mätare

Induktiva flödesmätare kan användas för vätskor som är magnetiskt ledande; t.ex. vatten. Fördelen med induktiva flödesmätare är att de inte har några rörliga och slitagekänsliga delar och de ger inget högt tryckfall. De fungerar så att två motstående spolar skapar ett magnetfält i vätskan. Vätskan inuti röret alstrar en spänning som är proportionellt mot medelströmningshastigheten. Med hjälp av två mätelektroder detekteras sedan spänningen som kan omvandlas till ett flödesvärde. (Malmberg & Nyholm, 2004, s. 85)

Akustiska mätare

När man mäter värmeenergiförbrukningen i ett vätskeburet rörssystem används ofta akustiska flödesgivare som är baserade på ultraljudsmätning. Dessa använder sig av doppler- eller löptidsmetoden varav den senare är vanligast förekommande. Löptidsmätning fungerar så att ett högfrekvent ljud sänds med- respektive motströms igenom vätskan till en mottagare. Genom att beräkna skillnad i tid mellan de båda signalerna får man ut flödes hastigheten och ifall rördiametern är känd kan man således beräkna flödet. (Malmberg & Nyholm, 2004, s. 88 ; Graham, et al., 2008, s. 235)

Vanligtvis ger flödesgivaren ut ett visst antal pulser per genomströmmad volym och givaren kan t.ex. kopplas till en energimätare för att beräkna värmeenergi.



Figur 6. Kamstrup ULTRAFLOW ultraljudsflödesmätare

4.1.4 Värme- och kylenergimätning

Genom att mäta inkommande och utgående temperatur samt vätskeflöde kan man beräkna hur mycket värmeenergi som överförs till eller från ett vätskeburet system, t.ex. över en värmeväxlare. Med hjälp av ett temperaturgivarpär och en flödesgivare kan man registrera data. Vanligt är att man kopplar givarna direkt till en energimätare (integreringsverk) som automatiskt beräknar energiuttaget eller -tillförseln. Dessa har normalt en display som tillåter avläsning av förbrukad energi och innehåller puls- eller datautgångar för fjärravläsning (Svensk fjärrvärme, 2014). I figur 7 visas ett exempel på en typisk värmeenergimätare med ett Pt-500 temperatursensorpar och en ultraljudsflödesmätare.



Figur 7. Kamstrup Multical 601 värmeenergimätare med flödesmätare och temperaturgivare
(<http://kalipso-kipa.ru>)

Om man känner till vätskans egenskaper kan man beräkna energiuttaget. Med följande formel (ekvation 1) kan beräknas hur hög värmeeffekten är för ett givet tillfälle:

$$\Phi = \dot{V} * \Delta T * \rho * c_p \quad (1)$$

där Φ = värmeeffekten [kJ/s = kW]

\dot{V} = volymflödet [m³/s]

ΔT = temperaturskillnad mellan inkommande och utgående vätska [K]

ρ = vätskans densitet vid uppmätt temperatur [kg/m³]

c_p = vätskans specifika värmekapacitet [kJ/(kg*K)]

(Valtanen, 2013, s. 193-195)

Energimängden i t.ex. kWh fås ut genom att multiplicera den momentana uppmätta värmeeffekten med intervalltiden. Genom att registrera flödet och temperaturskillnaden med korta intervall kan man t.ex. i en PLC eller energimätare relativt noggrant beräkna tillförd eller bortförd värmeenergi.

4.2 Kommunikation av energidata

För att kunna visualisera och granska energiförbrukning i ett datorprogram måste mätarna kommunicera förbrukningen på något vis, varefter data måste överföras och lagras i en databas. Det finns många olika sätt att samla, överföra och lagra energidata och olika tillverkare använder sig av olika system för mätarkommunikation. I detta kapitel beskrivs kort hur mätdata överförs från energimätare till ett övervakningssystem.

4.2.1 Mätarutgångar

Genom puls- eller datautgångar får man förbrukningsinformation från olika vatten- och energimätare (Bovankovich, 2011). Dessa två metoder presenteras kort nedan.

Pulsutgång

Den enklaste formen för att kommunicera förbrukning från en energi- eller vattenmätare är att mätaren ger ut pulser, där varje puls motsvarar en viss förbrukad enhet. För konventionella mekaniska vattenmätare finns nästan alltid tillgång till pulsavläsning. För de vattenmätare som inte har en inbyggd elektronisk pulsutgång kan man installera reed-kontakter eller optiska avläsare som ger ut pulser för t.ex. varje 10 eller 100 liter. De flesta elmätare och andra energimätare har också någon form av pulsutgång, antingen optisk eller elektronisk där t.ex. en puls motsvarar en förbrukad Wh eller flera kWh. (Bloomberg & Strickland, 2013)

Datautgång

Det finns även mera sofistikerade mätare som tillåter kommunikation via datautgång. Dessa kan förutom kumulativ förbrukning ge andra värden såsom t.ex. momentanflöde- eller effekt och de kommunicerar via ett bestämt dataprotokoll. Vanliga kommunikationsprotokoll är bl.a. Modbus eller M-bus. Modbus är ett öppet protokoll som är mycket vanligt inom industrin medan M-bus är en europeisk standard för fjärravläsning av el-, vatten- och energimätare (Armaterc, u.d.). Flera typer av mätare tillåter även installation av tilläggsmoduler för trådlös dataöverföring genom t.ex. Bluetooth, GPRS eller sms.

4.2.2 Överföring

Ifall mätarna har pulsutgång samlas mätarnas pulser via trådkoppling till någon form av insamlingsenhet i form av en pulsräknare, datalogger eller PLC som räknar antalet inkommande pulser. Från insamlingsenheten kommuniceras informationen sedan vidare till en övervakningsdator via t.ex. Ethernet.

Ifall man använder smarta mätare som kommunicerar via bussystem kan de kopplas efter varandra i samma dataöverföringskabel och på så vis minskar kabeldragningen. Data måste även då ofta gå via en gateway som omvandlar nätverksprotokollet till det dataprotokoll som används för att kommunicera med övervakningsdatorn.

4.3 Energiuppföljningsprogram

För att kunna utnyttja den uppmätta förbrukningen från energimätarna behövs någon form av datorprogram som behandlar och presenterar data. Dessa kallas vanligtvis för energiuppföljningsprogram eller energiövervakningsprogram. På engelska används förkortningar såsom EMS, EMS/SCADA, EUS, EMIS och BEMS beroende på programmets omfattning.

4.3.1 Varianter av uppföljningsprogram

Beroende på företagets behov finns det många olika lösningar på marknaden. En del program stöder energiuppföljning i en enda fastighet, medan andra stöder uppföljning av flera fastigheter vilket gör att t.ex. företag med många olika enheter kan jämföra sina fastigheter mot varandra. Flera energiuppföljningsprogram är webbaserade där man får åtkomst till mätdata genom inloggning på en webbsida och mätdata lagras då vanligtvis på en extern server utanför byggnaden. Det finns även företag som säljer kompletta energiövervakningstjänster där det utomstående företaget övervakar energiförbrukningen och säljer ut energirapporter till användaren vid behov. Många energiuppföljningsprogram kan kopplas till företagets befintliga energistyrnings- och övervakningssystem.

4.3.2 Integrering i befintligt system

De flesta större företag använder sig av någon form av processövervakningssystem (SCADA eller BMS) kopplat till företagets automationssystem, för att kontrollera eller styra processer i företaget. Olika programmerbara styrsystem i företaget är då kopplade till en gemensam övervakningsdator från vilken teknikpersonal kan övervaka olika system i företaget. Det vanligaste utförandet när man börjar följa upp energidata i ett företag är att energiuppföljningen integreras med företagets befintliga fastighetsautomationssystem (Motiva, 2014). På så vis behöver man inte investera i ett helt nytt system och man kan utnyttja företagets befintliga energimätare, datakommunikationssystem och databaser.

4.4 Effektivt utnyttjande av energidata

När man planerar ett energiuppföljningsprogram spelar användargränssnitt och visualisering en nyckelroll. Det är viktigt att data presenteras på ett klart sätt så att man enkelt får en helhetsbild av energiförbrukningen. Med bilder, trafikljus, grafer och tabeller kan man göra data överskådligt. Man bör också ta i beaktande olika användargrupperns behov när man planerar utformningen. (Motiva, 2014, s. 7—10).

Beroende på vilka återkopplingssätt (feedback) som används och hur data presenteras kan uppmätt energidata användas för att främja energieffektivt arbete i företag.

På senaste tiden har flera forskningsprojekt genomförts med syfte att identifiera hur man genom visuell förbrukningsinformation kan få människor att spara energi. De flesta studier inom området fokuserar på privatpersoners energikonsumtion men många resultat går att tillämpa även vid utformning av ett energiuppföljningsprogram i ett företag.

4.4.1 Att motivera personalens medverkan

Ett sätt att åstadkomma energibesparing som ofta förbises i företag är att involvera personal som är verksamma i byggnaden (Nilsson, et al., 2000, s. 23). Även om man har ett centraliserat mätsystem så krävs det undermätningar för att stöda de personer som arbetar nära processen i företaget (Motiva, 2014).

Energibesparingar kopplade till medverkan av personal är främst beroende av två saker: motivation och information (Nilsson, et al., 2000). I början av olika energibesparingsprojekt kan det räcka med att informera om på vilket sätt de kan medverka i energibesparingen samt hur stor inverkan deras arbete antas ha. Efter en tid kan man dock förvänta sig problem med motivation hos personalen om de inte ständigt får återkoppling som talar om hur deras ansträngningar bidrar till energibesparingar. Genom att ge information om energiförbrukningen kan man behålla eller till och med öka motivationen hos personalen. (Nilsson, et al., 2000 ; Nilsson, 2013).

I ett testprojekt på ett storkök, Jörnköket, i Sverige lyckades man spara 24 % av energiförbrukningen genom att visualisera energiförbrukningen på visualiseringsskärmar och informera om inbesparingsmöjligheter (Bygdén, 2012). KYAB som levererade utrustning till samma projekt menar att deras visualiseringssystem i genomsnitt har sänkt elförbrukningen med 10–20 % genom att engagera personal i energiinbesparing (KYAB, 2016). Även mera omfattande och objektiva studier av elkonsumenter pekar på att återkoppling av energiförbrukning kan gynna energieffektivisering. Enligt Mahone och Haley har olika energiåterkopplingsprogram i egnahemshus vanligtvis gett energibesparingar på mellan 2 % och 7 % och enligt Darby rör det sig vanligtvis om en inbesparing på 10 % (Darby, 2000 ; Mahone & Haley, 2011).

4.4.2 Återkoppling

I den svenska nationalencyklopedin definieras återkoppling (feedback) som ”principen att föra tillbaka signaler från ett system och låta denna information i sin tur påverka systemet”. I energibesparingssammanhang består återkoppling i praktiken av att presentera förbrukningsdata för en användare. På basis av informationen kan denne sedan utföra åtgärder eller ändra sitt beteende så att det leder till en effektivare energianvändning.

I litteraturen delas energirelaterad återkoppling vanligtvis upp i antingen direkt eller indirekt återkoppling (Mahone & Haley, 2011). Vidare delas den upp i olika återkopplingsmetoder såsom historisk-, jämförande-, eller uppdelningsåterkoppling (Hallin, et al., 2007).

Direkt och indirekt återkoppling

Skillnaden mellan direkt och indirekt återkoppling är att direkt återkoppling ger förbrukningsinformation i realtid (eller nära realtid) genom t.ex. en skärm eller display. Indirekt återkoppling däremot ger energiförbrukningsinformation till användaren vid en senare tidpunkt. (Mahone & Haley, 2011, s. 7)

Historisk återkoppling

Historisk återkoppling är den vanligaste återkopplingsmetoden och visar användarens energiförbrukning i relation till tidigare förbrukning. Ett exempel är att jämföra den aktuella månadens förbrukning mot samma månad föregående år. Historisk jämförelseinformation har visat sig vara lätt att förstå och presenteras ofta i form av stapeldiagram. Det är även en bra återkopplingsform för att se resultatet av utförda energieffektiviseringsåtgärder. (Hallin, et al., 2007)

Nackdelarna är att historisk återkoppling inte alltid leder till förändrat beteende. Ifall förbrukningen inte ökar så ser man kanske ingen anledning till att ändra beteendet. Olika externa faktorer såsom vädervariationer kan också göra historisk jämförelse opålitlig om de inverkar på energiförbrukningen. (Hallin, et al., 2007)

Jämförande återkoppling

Jämförande återkoppling visar användarens förbrukning i jämförelse med exempelvis andra byggnader eller avdelningar (Hallin, et al., 2007). Jämförande återkoppling kan inspirera till att vidta åtgärder ifall man förbrukar mera än sin jämförelsegrupp. I ett företag kunde denna typ av informationen t.ex. utformas på ett sätt som sporrar till tävling mellan avdelningar (Nilsson, et al., 2000).

Nackdelen med denna typ av återkoppling är att det kan vara svårt att hitta bra jämförelsegrupper. En annan nackdel är att detta återkopplingssätt inte är effektivt för lågförbrukare. Ifall man ligger under jämförelsegruppens medeltal så kanske man istället tänker att man kan öka sin förbrukning. (Hallin, et al., 2007)

Hallin m.fl. menar att vid jämförande återkoppling är det bäst att använda sig av målbaserad återkoppling. Detta innebär att man istället för att jämföra sig mot andra skapar sig ett eget mål som man jämför mot. På så vis slipper man de ovannämnda nackdelarna. (Hallin, et al., 2007)

Uppdelningsåterkoppling

Återkopplingsmetoden visar förbrukning uppdelad på olika slag av energikrävande apparater och maskiner. Uppdelningsåterkoppling ger information om vart energin tar vägen och ger också användaren känsla av att denne har kontroll över förbrukningen. Enligt Hallin m.fl. är denna återkopplingsform kanske den som i slutändan ger bäst resultat. Även om det förstås inte är praktiskt att kontinuerligt mäta energiförbrukning för varje enskild maskin i ett företag så är detta återkopplingssätt något att sträva mot. (Hallin, et al., 2007)

4.4.3 Effektiv återkoppling

Det är viktigt att återkopplingen utformas på ett sätt som uppmuntrar och stöder ett energieffektivt beteende. Någon enhällig konsensus verkar inte råda om hur man exakt skall gå tillväga för att presentera förbrukningsinformation men i detta kapitel presenteras några viktiga saker att tänka på.

Effektiv återkoppling bör fånga användarens uppmärksamhet. För att understöda energibesparingsarbete bör den också klart visa kopplingar mellan specifika energibesparingsåtgärder och deras effekter (Fischer, 2008). Informationen bör presenteras på ett tilltalande sätt och vara enkelt att förstå (Fischer, 2008). Dock får den inte vara alltför förenklad eftersom användare då lätt kan misstro informationen. (Hallin, et al., 2007)

Gällande de tre återkopplingsmetoder som presenterades i föregående kapitel så framhäver Fischer tillsammans med Hallin m.fl. att uppdelningsåterkoppling är ett av de bättre sätten att uppnå energibesparingar. (Hallin, et al., 2007 ; Fischer, 2008, s. 101)

Darby har i sin forskning konstaterat att historisk återkoppling verkar vara mer effektiv än jämförande återkoppling (Darby, 2006, s. 3). Fisher håller också med om att jämförelseåterkoppling inte ger några klara effekter på energibesparing (Fischer, 2008, s. 101). Enligt Hallin m.fl. bör man använda sig av målbaserad koppling istället för att jämföra mot andra målgrupper. Målbaserad återkoppling har visat sig ge goda resultat (Hallin, et al., 2007).

Fisher och Darby får även understöd av Karjalainen gällande återkopplingsmetod. Vid en undersökning av vilka användargränssnitt som mest effektivt leder till energibesparingar konstaterade Karjalainen att historisk återkoppling och uppdelningsåterkoppling är de återkopplingsformer som mest uppskattas av användarna. (Karjalainen, 2010)

Karjalainens undersökningar visar även att man bör presentera kostnader tillsammans med förbrukning (Karjalainen, 2010). Man bör alltså visa hur minskad förbrukning leder till sparade pengar för att man ska få någon effekt (Hallin, et al., 2007, s. 12). Det som man dock bör tänka på är att ifall energikostnaderna är låga så kanske en kostnadspresentation får motsatt effekt och istället minskar intresset för energibesparing.

I sin sammanfattning av 20 olika forskningsrapporter inom området energivisualisering konstaterar Hallin m.fl. att det inte finns någon självklar lösning på hur energiförbrukningen ska presenteras grafiskt för att ge bäst effekt. Konklusionen är att en kombination av de olika återkopplingsmetoderna är att föredra. För att på bästa sätt kunna nå inbesparingar måste dessa dock kombineras med information om hur användaren kan påverka förbrukningen. (Hallin, et al., 2007)

Det som många undersökningar har visat är att en kombination av olika grafer, tabeller och text ger avsevärt bättre resultat än om man endast presenterar information på ett enda sätt. (Hallin, et al., 2007). Det är även viktigt att man involverar interaktion med användaren där denne själv kan välja att analysera och jämföra olika tidsperioder (Fischer, 2008).

5 ENERGIUPPFÖLJNINGSPROGRAMMETS OMVÄRLD

I detta kapitel ges en inblick i uppdragsgivarens energiledning, energisystem, och energimätning för att beskriva de förutsättningar som ligger till grund för energiuppföljningsprogrammets utformning.

5.1 Företagets energiledning

Eftersom företaget har valt att certifieras enligt ISO 50001 frånskrivs man energieffektivitetslagens krav om obligatoriska energibesiktningar. Dock så måste man upprätthålla ett energiledningssystem enligt standardens krav och regelbundet låta externa auditörer granska detta. De energikartläggningar som görs i företaget borde även uppfylla de minimikrav som ställs i EED och energieffektivitetslagen gällande energibesiktningar.

På Snellmans Köttförädling följer energiledningsgruppen upp fabriken totala vatten-, el- och biogasförbrukning tillsammans med mängden avfall och avloppsvatten. Som huvudnyckeltal för hela fabriken används förbrukning per producerad vikt och dessa följs upp av energiledningsgruppen på månadsbasis. ISO 50001 kräver som tidigare nämnts att företaget upprättar övergripande och detaljerade energimål för relevanta processer och nivåer i företaget. På Granholmen har man valt att införa mål på avdelningsnivå. Energiledningsgruppen kommer att upprätta och följa upp avdelningsvisa mål på månadsbasis medan avdelningarnas processägare kommer att ansvara för att målen uppnås.

Ledningens representant, som även är företagets tekniske chef, ingår i energiledningsgruppen. Denne har månadsvisa möten med företagets processägare där man går igenom energieffektiviseringsfrågor. Ledningens representant rapporterar också energiprestandan till företagets ledningsgrupp och har huvudansvaret för energiledningens tillämpning i företaget. Denne ansvarar också för att t.ex. energikartläggningar blir genomförda.

5.1.1 Energiuppföljningsprogrammets användargrupper

Utifrån en analys av företagets energiledningssystem kan de personer som berörs av energiuppföljningsprogrammet delas in i fyra olika grupper: Energiledningsgruppen, ledningens representant, processägare samt produktionspersonal.

Energiledningsgruppen ska kunna sätta upp avdelningsvisa mål och nyckeltal för varje avdelning samt enkelt kunna följa upp huruvida målen uppnås. Energiledningsgruppen bör också kunna se utvecklingen på längre sikt och kunna jämföra avdelningarnas förbrukning och nyckeltal mot huvudnyckeltalen.

För ledningens representant, som även är teknikchef, är det intressant att kunna se hur de olika energisystemen påverkar varandra. Denne är också intresserad av att se effekter av olika tekniska åtgärder och systemändringar som görs. Teknische chefen behöver också få data som underlag för energikartläggningen och få information om vilka faktorer som betydligt inverkar på energiprestandan.

Processägarna övervakar energiförbrukningen på sina egna avdelningar och tilldelar resurser som behövs för att uppnå energimålen. Dessa behöver få data presenterad som leder till en förståelse för hur energi och vatten används på deras egna avdelningar, samt vilka produktionsrelaterade faktorer som inverkar på energiprestandan. Vid genomförande av lönsamhetskalkyler är det också intressant att kunna ta energikostnader i beaktande. Processägarna skall även kunna upptäcka avvikelser i energiprestandan och kunna granska effekten av utförda energieffektivitetsåtgärder.

Produktionspersonalen ska kunna se hur deras beteende och allmänna ansträngningar i det dagliga arbetet påverkar energieffektiviteten. För att produktionspersonalen ska kunna se sin inverkan behövs nära återkoppling som ansluter till deras specifika arbete. Data måste även vara lätt att förstå eftersom de flesta inte har teknisk utbildning och ofta är man inte insatt i hur fabriken energisystem fungerar och hänger ihop.

5.2 Företagets energisystem

På Granholmens fabrik används biogas och el som primärenergikällor. Även vatten betraktas som en energiform. I detta avsnitt beskrivs grovt hur energin delas upp i fabriken för att ge en förståelse för hur den kan mätas.

Biogasen som används förbränns i ångpannor som producerar vattenånga till olika processer i fabriken. Från ångpannorna ges också vid behov tilläggsvärme till fabriken värmeledningsnät via värmeväxlare.

Av elenergin går största delen till nedkylning av utrymmen eftersom man producerar livsmedel som bör behållas kylda. Andra stora elförbrukare är främst produktionsmaskiner men även vakuum- och värmepumpar, tryckluftskompressorer m.m. Uppskattningsvis 60 % av elenergin går till nedkylning och ventilationsanordningar. Med hjälp av centrala kylanläggningar kyler man ner köldbärare som sedan cirkulerar ut till fabriken olika avdelningar.

Kylanläggningarna i sin tur producerar spillvärme som tas tillvara på olika sätt. Med hjälp av värmepumpar tar man tillvara överskottsvärme och höjer temperaturen ytterligare för att värma upp fabriken värmeledningsnät och bruksvatten. Värmeledningsnätet cirkulerar runt vatten som är ca 70°C varmt. Man har också ett ”värmeåtervinningsnät”, med en lägre temperatur på runt 30°C, som tar tillvara överskottsvärme för att värma upp bruksvatten och ventilationsluft, avfrosta kylbatterier m.m.

Från de gemensamma ledningsnäten förs värme och kyla ut till olika avdelningar via värmeväxlare som vanligtvis finns placerade centralt i avdelningarnas teknikrum.

Bruksvatten som används i fabriken kan i huvudsak delas upp i varmt vatten (ca 55°C) och kallt vatten (ca 8°C), men även andra temperaturer används. Vatten används främst till olika slags tvättning och trycket höjs därför ofta med hjälp av pumpar.



Figur 8. Granholmens fabrik i Jakobstad (Snellmans Köttförädlings interna bildarkiv)

5.3 Avdelningsvis energimätning

För att mäta hur mycket värme en avdelning konsumerar mäts värmeuttaget över de olika värmeväxlarna som finns placerade i avdelningarnas teknikrum (se 4.1.4, s. 19). Över många växlare finns energimätare såsom Kamstrup Multical 601 färdigt installerade och då kan förbrukningen fås direkt från energimätaren genom puls eller datautgång (se figur 7, s. 20).

Förbrukad ”kylenergi” mäts också främst över värmeväxlare. De flesta vanliga energimätare använder dock vattnets densitet och specifika värmekapacitet vid beräkning av energiöverföring. Dessa går inte att använda direkt vid mätning av ”kylenergi” där man använder bl.a. glykol som köldbärare. I dessa fall har flödes- och temperaturgivarna i vissa fall kopplats direkt till en PLC där energiuttaget beräknas med köldmediets specifika egenskaper (se ekvation 1, s. 20).

Flera konventionella varm- och kallvattenmätare fanns sedan tidigare installerade i fabriken (se 4.1.3, s. 18). Genom att koppla reed-kontakter eller optisk avläsning till dessa har de anslutits till t.ex. en PLC som registrerar pulserna.

Ingen utförlig undermätning gjordes tidigare för elenergi. Under tiden som detta arbete utfördes, installerades dock över 50 st. fasta elenergimätare i olika elcentraler på fabriken. För de elcentraler som ansågs kunna ha inverkan på energiprestandan mäts eleffekten kontinuerligt över inkommande ledare (se figur 4, s. 17).

Elenergimätarna och värmeenergimätarna som används kan kommunicera via både puls- och datautgång medan de konventionella vattenmätarna endast ger ut pulser. För de flesta energi- och vattenmätare på fabriken används dock pulsutgång som kommunikationssätt.

Genom att koppla mätarna till företagets automationssystem har man fått tillgång till mätdata elektroniskt. Alla mätare är kopplade till en PLC i närmaste undercentral och undercentralen kommunicerar i sin tur med företagets SCADA system via Ethernet. Pulserna räknas och korttidslagras i logikens minne, varefter det samlade värdet oftast med 10 minuters intervall överförs till företagets SQL server. Varje lagrat värde innehåller en tidsstämpel och på så vis kan historisk data granskas i databasen.

6 UTVECKLING AV ENERGIUPPFÖLJNINGSPROGRAM

I detta kapitel beskrivs de metoder som användes för att utveckla energiuppföljningsprogrammet, samt hur vissa problem har lösts.

Det Excelbaserade energiuppföljningsprogrammet har byggts självständigt. En studie kring externa krav, samt företagets energiledning, användarbehov, energisystem, energimätning och fastighetsautomationssystem har stått som grund för utformningen av programmet. Genom en litteraturstudie kring effektiva återkopplingsmetoder samt genom en undersökning av marknadsexempel på energiuppföljningsprogram har inspiration fåtts till användargränssnittets design.

Uppbyggnaden av programmet har skett genom en iterativ process där uppdragsgivarens handledare Markus Snellman har gett feedback och önskemål varefter programmet har utvecklats. Markus Gäddnäs, som är processägaren för medwurstprocessen, har också kommit med goda utvecklingsförslag för programmet under tiden som programmet har testats där. Ett möte har även hållits med övriga processägare där jag fick värdefulla förslag på vilka saker som kunde ingå i programmet.

Gällande dataöverföring och felsökning av mätutrustning har jag fått hjälp av Simon Wärn och Kaj Tiittanen som arbetar på teknikavdelningen. Petja Ylitalo som är anställd på Oilon ansvarar externt för SCADA-systemet på Granholmen och har varit till stor hjälp när det gällde förståelse och felsökning av dataöverföringen. Per-Erik Finell på IT-avdelningen har också varit hjälpsam gällande installation av rapporteringssystemet och övrig programvara samt bistått i frågor gällande företagets intranät.

6.1 Val av programvara

Det blev redan från början bestämt att energiuppföljningsprogrammet skulle göras i Microsoft Excel, då detta var uppdragsgivarens önskemål. Anledningen var att företaget redan hade ett rapporteringssystem som kunde användas för att hämta energidata till Excel. På så vis behövde man inte sätta resurser på att investera i och lära sig ett nytt system.

En annan fördel med Excel är att det är ett välkänt program som de flesta kan använda och därför behövs ingen större inskolning för att komma igång med programmet. Genom att skapa ett eget program blev det också enklare att anpassa programmet efter företagets behov.

6.2 ApexRap

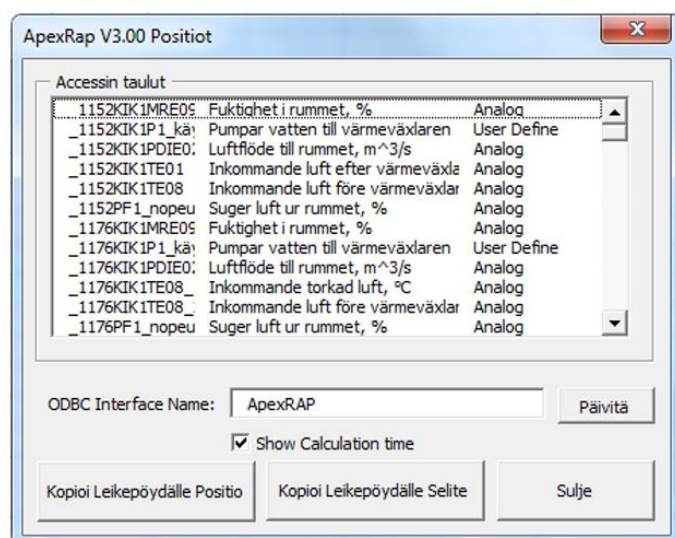
Som grund för datahämtningen användes rapporteringssystemet ApexRap. Rapporteringssystemet, som är utvecklat av Apex Automation, tillåter granskning av företagets lagrade processdata direkt i Microsoft Excel. ApexRap installeras vanligtvis tillsammans med ett befintligt SCADA system och fungerar med vanliga system såsom WinCC, WinCC Flexible, InTouch, Citect och MicroSCADA (Rintala, 2009).

Programmet grundar sig på en databas där processpunkternas värden läses direkt från olika undercentraler i företagets automationssystem. Genom att installera ett tillägg till Microsoft Excel kan man sedan hämta processdata direkt från databasen ifall man är ansluten till den via t.ex. nätverk. Tillägget innehåller även ett funktionsbibliotek, och genom att skriva funktioner i Excel kan man få ut t.ex. summa eller medeltal av olika processpunkter inom ett önskat intervall.

För att lära mig hur systemet fungerar har jag främst testat mig fram, samt använt mig av en användningsmanual från Apex Automation. Jag har även fått information av Simon Wärn och Petja Ylitalo angående systemets funktioner.

6.2.1 Rapporteringssystemets funktion

Med ApexRap-tillägget installerat får man tillgång till vissa funktioner under en tilläggsflik i Excel. Den viktigaste komponenten är en lista över namnen på de olika mätpunkterna som finns lagrade i databasen (se figur 9, s. 32).



Figur 9. ApexRap lista med namn på mätpunkter i databasen

Genom att infoga namnet på mätpunkten i olika funktioner som är inbyggda i ApexRap kan man hämta data från den externa servern där data lagras. Några funktioner som kan användas för att hämta data är t.ex. DBmax, DBmin, DBsum, DBavg, DBcount och DBlast.

Funktionerna kan skrivas direkt i en cell i kalkylbladet, på samma vis som en vanlig Excelfunktion. Funktionen inleds med likhetstecken (=) och argumenten för funktionen är inom parentes och avskiljs med semikolon (;)

De flesta av funktionerna fungerar enligt följande princip:

$$=Funktionsnamn(Sökväg; Namn på mätpunkt; Starttidpunkt; Sluttidpunkt) \quad (2)$$

Funktionsnamnet är t.ex. "DBmax" eller "DBsum" beroende på om man vill hämta det högsta värdet i intervallet eller summan av alla sparade värden inom intervallet. Som *sökväg* skriver man "ApexRap". I det andra argumentet skrivs namnet på den mätpunkt man önskar granska. Dessa återfinns i listan som presenterades tidigare i figur 9.

Alla mätvärden som lagras på företagets SQL-server innehåller en tidsstämpel. Genom att ange *start-* och *sluttidpunkt* i funktionen, bestäms intervallet inom vilket man vill granska värden i databasen. Tidsvärdena kan skrivas direkt i Excels vanliga datum-tidskodformat.

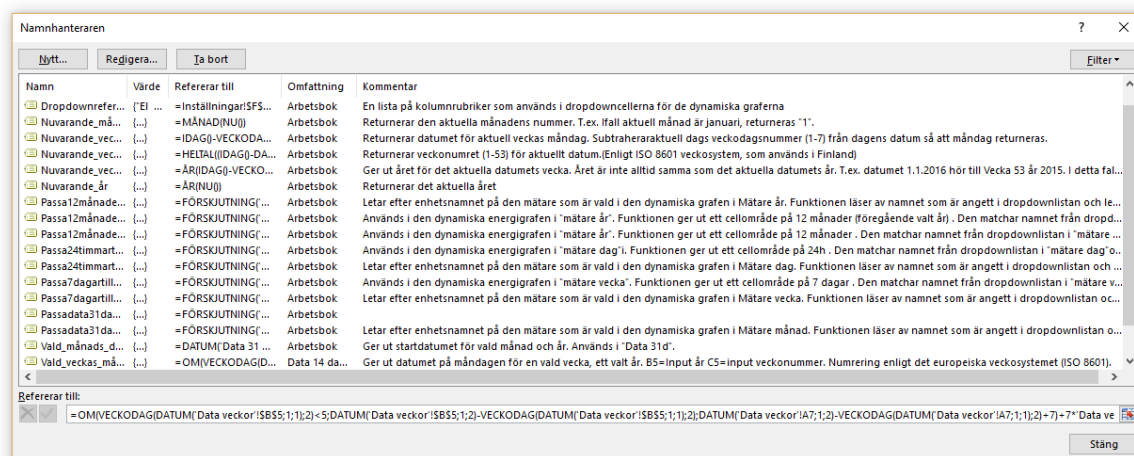
6.3 Excel

Programmet utvecklades i Microsoft Excel 2007 eftersom denna version var den som användes i företaget. Excelformler och VBA-kod användes för att bygga upp programmet.

Jag hade inte mycket erfarenhet från tidigare av programmering i Excel utan fick lära mig detta under arbetets gång. Excels egen hjälpmeny, olika internetforum samt skriftlig litteratur har använts för att finna information.

6.3.1 Namngivna formler

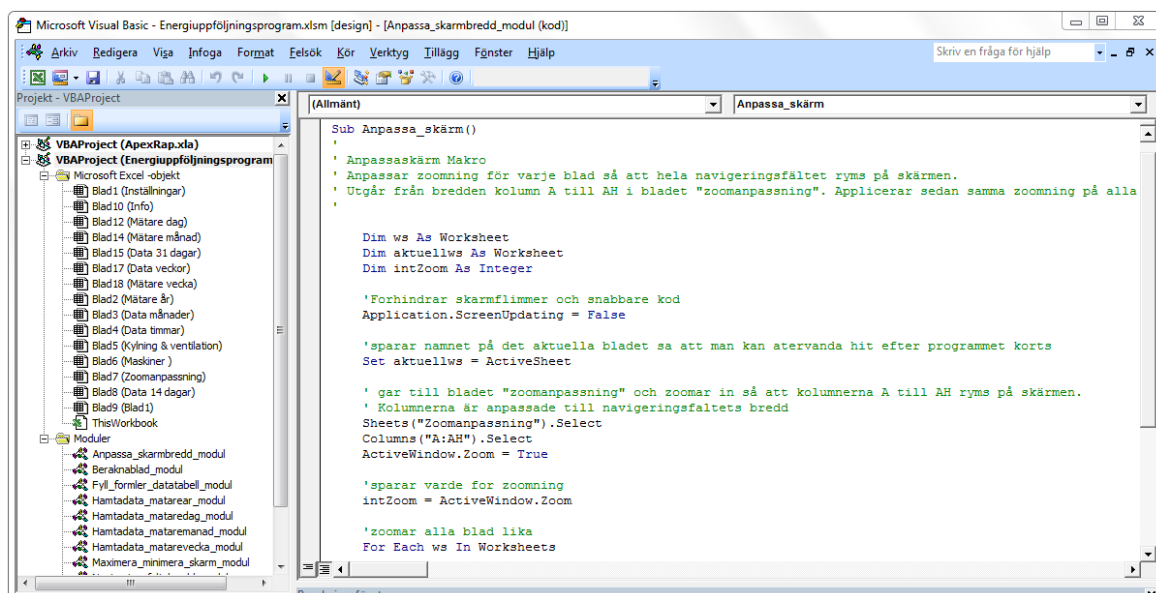
Ett flertal formler användes i programmet bland annat för att leta upp olika värden och för att returnera datum och vektorer. Många formler blev väldigt komplexa och genom att använda namn gjordes formlerna lättare att förstå och hantera. Med hjälp av namnhanteraren i Excel definierades namn för olika konstanter, funktioner, cellområden och tabeller. I följande figur visas namnhanteraren:



Figur 10. Namnhanteraren i Excel innehållande en del namngivna formler

6.3.2 Utvecklarfliken och VBA

Visual Basic for Applications är namnet på programmeringsspråket som finns inbyggt i Excel. Med hjälp av VBA skrevs olika program för att hantera saker i Excel. VBA koden redigerades i Visual Basic Editor (VBE) som man får tillgång till genom att aktivera utvecklarfliken i Excel (Walkenbach, 2007). I figur 11 nedan visas en bild av VBE-miljön:



Figur 11. VBE, utvecklarfilen i Excel

som användaren önskar. För de blad som inte innehåller data har jag satt in en enkel VBA-kod som gör att bladet automatiskt beräknas vid omändring och på så vis påverkas inte användarupplevelsen. Koden presenteras i följande figur:

```
Private Sub Worksheet_Change(ByVal Target As Range)
ActiveSheet.Calculate
End Sub
```

Figur 13 VBA-kod för automatisk kalkylering vid händelsen "worksheet_change"

6.5 Transparens

För att användarna skall förstå hur programmet fungerar samt enkelt kunna upptäcka eventuella fel har jag försökt göra programmet så genomskådligt som möjligt.

Ett exempel är att jag använde Excels tabellverktyg för att presentera den data som hämtas (se bilaga 9 till 11). På så vis kan man använda Excels så kallade strukturerade referenser för att hänvisa till data. Nedanstående formel (ekvation 3) returnerar en 12 månaders summa av kallvattenförbrukning. Eftersom referensdatan är placerad i en tabell kan man referera till rubriksnamnet i tabellen. På så vis kan man enkelt se vilken data som används. Andra exempel är att namngivna cellområden har använts för att hänvisa till data.

$$=SUMMA(FÖRSKJUTNING(Tabellmånader[[#Rubriker];[Kallvatten]];1;0;12;1)) \quad (3)$$

För att öka genomskådligheten gjordes även ett informationsblad med beskrivningar och ritningar över mätarnas sammanhang för att klargöra vad som mäts (se bilaga 8). Ritningarna gjordes med vanliga Excel-symboler för att underlätta framtida omändring. Elcentralscheman i PDF-format bäddades även in i infobladet.

6.6 Standardiserade formler för datahämtning

För att göra det enkelt att sätta till och granska mätare i programmet gjorde jag upp ett strukturerat inmatningsfält i databladen, där man fyller i olika parametrar såsom namn, faktor och enhet på mätpunkten. Listrutor skapades med färdiga poster för att underlätta ifyllning samt eliminera felinmatning. Indatameddelanden skapades också för att förklara vad fälten betyder.

För att göra datahanteringen enhetlig och lätthanterligt skapades standardiserade formler för datahämtning. Utifrån de funktioner som finns i ApexRap för datahämtning gjordes tre olika formler. Dessa kallades "Summa" (4), "Medelvärde" (5) samt "Differens" (6). Principen för de standardiserade datahanteringsformlerna anges nedan:

$$=OMFEL((1/DBSum("apexrap";M;B;S)^{-1})*F;"")) \quad (4)$$

$$=OMFEL(1/DBAvg("apexrap";M;B;S)^{-1};"")) \quad (5)$$

$$=OMFEL(((1/DBMax("apexrap";M;B;S)^{-1})-(1/DBMax("apexrap";M;B-(S-B);B)^{-1}))*F;"")) \quad (6)$$

där $M = \text{Namn på mätpunkt i databasen}$

$B = \text{Tidpunkt för intervallets början}$

$S = \text{Tidpunkt för intervallets slut}$

$F = \text{Faktor}$

Summaformeln (ekvation 4, s. 35) ger ut summan av databasens lagrade värden inom det givna intervallet. Medelvärdesformeln (ekvation 5, s. 35) ger ut ett medelvärde inom intervallet och kan användas t.ex. för att hämta en medeltemperatur. Differensformeln (ekvation 6, s. 35) används för de mätpunkter där data lagras kumulativt i databasen. För att ange hur stor förbrukningen har varit inom ett givet intervall tas det sista värdet i intervallet minus det sista värdet i föregående intervall.

Det finns flera problem med ifall databasen innehåller nollvärden. Ett exempel är i differensformeln. Där får man ett väldigt högt positivt eller negativt värde, som dessutom är felaktigt, ifall något av de två hämtade värdena är noll (t.ex. på grund av att mätaren är trasig). För att så effektivt som möjligt granska ifall något av värdena är noll har jag inverterat värdena två gånger ($1/x^2$) och satt in funktionerna i en "omfel-funktion". Eftersom division med noll ger ett felvärde kan man på så vis upptäcka och radera nollvärden. I differensformeln var detta ett väldigt effektivt sätt att eliminera fel då endast två frågor behöver sändas till databasen och på så vis minimeras dataöverföringstiden.

Eftersom databasens värde kan innehålla en annan enhet än den som man önskar presentera multipliceras till slut de hämtade värdena med en faktor som kan ställas in av användaren.

För att ytterligare underlätta användning skapades med VBA-kod ett program som automatiskt fyller i rätt formel i tabellen beroende på vilket datahanteringsalternativ som väljs ur en listruta (se figur 14).

Elenergi			
	El process & belysning	El kylning & ventilation	Värme överförd från vä
	GC233_teho	GC234_teho	E_2003LS4EM1
	1	1	10
	Differens	Differens	Summa
	kWh		
Dag	El process & belysning		
måndag			3750
tisdag	2008		3600
onsdag	1980		3100
torsdag	2112		3390
fredag	1728	794	3630

Figur 14. Listruta som skapats för val av datahämtningsformel

Koden aktiveras av en "worksheet change"-händelse som märker av när de specifika indatacellerna ändras. En procedur körs sedan som räknar antal rader och fyller i rätt formler i samma kolumn. Ifall man vill fylla i en egen formel i fältet kan man välja "anpassad", varpå ingen formel fylls i.

6.7 Skärmkompatibilitet

Ett problem med Excel är att dimensionerna på kalkylbladet ändras beroende på vilken typ av datorskärm som används. Om man t.ex. har skapat en mätpanel som fyller ut hela skärmen och sedan öppnar programmet med en annan dator, så kommer panelen inte längre att passa på skärmen. Eftersom programmet kommer att köras på flera olika datorer och skärmar var detta ett problem.

För att ge en enhetlig visning av alla vyer i arbetsboken skapades ett navigeringsfält högst uppe i varje blad som fungerar som referensbredd (se 7.2.1, s. 39). Ett makro skapades sedan som anpassar skärmbredden så att navigeringsfältet fyller ut hela skärmen.

Programmet går till ett låst blad (se bilaga 7) och zoomar in så att hela navigeringsfältet ryms på skärmen. Därefter sparas den aktuella zoomnivåprocenten som en variabel varefter den appliceras på varje enskilt blad i arbetsboken. Detta program körs automatiskt i bakgrunden varje gång man öppnar arbetsboken och kan även aktiveras via en knapp på navigeringsfältet (se 7.2.1, s. 39).

6.8 Användargränssnitt och återkoppling

Stora ansträngningar har gjorts för att programmet skall vara så enkelt och intuitivt som möjligt att använda. För att fånga och behålla intresse hos användaren har jag även försökt skapa ett tilltalande användargränssnitt.

För att ge största möjliga analysmöjlighet och ge en effektiv återkoppling presenteras förbrukning på olika vis i tabellform, grafisk form och kostnadsform. Historisk återkoppling har valts för att presentera förbrukning eftersom detta enligt litteraturen har visat sig vara en intuitiv och effektiv återkopplingsmetod. Jämförande återkoppling mellan olika avdelningar är komplext att utföra och dessutom är avdelningarna inte heller jämförbara sinsemellan. Programmet stöder dock målbaserad återkoppling, som är en form av jämförande återkoppling, genom att man kan infoga månadsvisa målförbrukningar.

Uppdelningsåterkoppling har också använts för elförbrukare och kylanordningar (se bilaga 6). Eftersom största delen av elenergin går till kylning och ventilation önskades en avdelningsvis uppdelningsåterkoppling på dessa så att man kan se hur kylenergin fördelas. Uppdelningsåterkopplingen baseras endast på uppskattade värden men ger en inblick i hur energin fördelas och hjälper till vid analys. Som grund för listan på elförbrukare har jag använt elcentralscheman där namn och effekter på stora förbrukare finns beskrivna. Kylanordningarnas uppskattade värden har jag fått av företagets handledare.

7 PROGRAMMETS UPPBYGGNAD

I detta kapitel presenteras det färdiga programmet. Här redogörs för det slutliga programmens struktur och de olika delarnas uppbyggnad och syften. Skärmdumpar ur programmet återfinns i bilagorna.

7.1 Allmän struktur på programmet

Programmet blev utformat som en standardiserad mall så att en arbetsbok skapas för varje avdelning. Detta var det enda praktiska sättet för att kunna anpassa presentationsformen enligt avdelningarnas givna omständigheter.

Efter ett flertal prototyper byggdes programmet slutligen upp så att arbetsboken består av fyra stycken grafiska vyer (se bilaga 2 till 5): en årsvy, månadsvy, veckovy och dagsvy. Dessa vyer innehåller alla ett eller flera numeriska fönster och visuella diagram. Datahämtningen sker i skilda datablad och de grafiska vyerna tar sina data från dessa blad. Databladerna fungerar samtidigt som informationskälla ifall man önskar se förbrukning i tabellform. Nedan presenteras de olika bladens samband:

- Grafisk årsvy - använder 24 månaders data
- Grafisk månadsvy - använder en månads dagars data
- Grafisk veckovy - använder 14 dagars data
- Grafisk dagsvy - använder 24 timmars data

Utöver detta skapades även ett 52-veckors datablad som dock inte är kopplat till de grafiska vyerna (bilaga 10). Vidare gjordes två blad för uppdelningsåterkoppling (bilaga 6). Det ena bladet innehåller en lista på stora elförbrukare och det andra bladet innehåller en lista på kyl- och ventilationsanordningar. Dessa två blad använder ingen extern data men visar hur el- och kylenergin fördelas på avdelningen.

För att underlätta inställning och ifyllning av olika parametrar i arbetsboken koncentrerades alla parametrar till ett enda inställningsblad. Även ett informationsblad skapades där olika ritningar och beskrivningar av mätningarna lagras. I figur 15 på sidan 39 presenteras de olika bladens sammanhang i arbetsboken.



Figur 15. Arbetsbokens struktur. De svarta pilarna representerar informationsflödet av förbrukningsdata.

7.2 Programmetts delar

7.2.1 Navigeringsfält

Högst upp på varje sida finns ett navigeringsfält för att ge en enhetlig inramning av varje blad och underlätta användning (se figur 16 nedan). Navigeringsfältet innehåller rubriknamn, snabbänkar till de olika bladen samt några knappar kopplade till VBA-kod.



Figur 16. Navigeringsfältet med knappar och snabbänkar

Nedan beskrivs de olika knapparnas funktioner:



Fullskärm. Denna knapp aktiverar ett makro som sätter skärmvisning till helskärmsläge och döljer kolumnnamn samt radnummer för alla blad. Detta läge kan användas ifall man vill presentera förbrukningen på en skärm och inte behöver redigera Excelbladet.



Normalskärm. Aktiverar ett Makro som återställer skärmvisning till normalvy, så att man har tillgång till verktygen i Excel. Kolumnnamn och radnummer visas igen för alla blad.



Anpassa skärm. Denna knapp ställer in skärmzoomning så att hela navigeringsfältet ryms på skärmen. Ifall man t.ex. zoomar in på något objekt och sedan vill se hela navigeringsfältet igen, kan man använda denna knapp. (Detta kommando körs även vid uppstart och vid ändring mellan *fullskärm* och *normalskrämsläge*, eftersom proportionerna då ändras.)



Inställningar. Denna knapp går till inställningsbladet där man kan mata in producerade kilogram, ändra kostnadsinställningar, rubriknamn m.m. (se bilaga 7) .



Info. Denna knapp går till infobladet, där allmän info återfinns om avdelningens mätare och deras placeringar (se bilaga 8).



Beräkna blad. Denna knapp kalkylerar det aktiva arbetsbladet. Automatisk beräkning av arbetsboken är inaktiverad för att förhindra att data hämtas i onödan och därför kan man vilja använda denna knapp för att utföra någon beräkning i ett arbetsblad. Alla kalkylblad utom databladen innehåller dock kod som gör att det valda bladet beräknas när man ändrar i någon cell. På grund av detta behövs sällan beräkningsknappen.

7.2.2 Uppstart

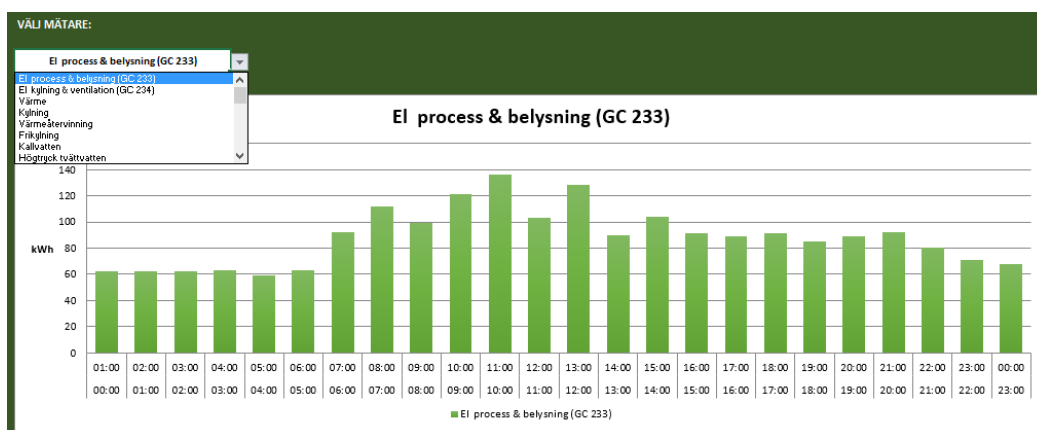
Vid öppning av arbetsboken går programmet alltid till den grafiska årsvyn (bilaga 2). Därefter körs en procedur som ställer in arbetsboken till manuell kalkylering, anpassar zoomnivån efter användarens skärm och visar ett meddelandefönster.

I meddelandefönstret kan man välja att uppdatera alla värden till senaste datum. Om man väljer detta hämtar programmet data för den senaste månaden, veckan etc. och när datahämtningen är slutförd visas ett meddelandefönster (se bilaga 1).

7.2.3 Grafiska blad

I de fyra grafiska bladen (bilaga 2 till 5) sker den huvudsakliga användningen för att granska förbrukningsdata. Med hjälp av kontroller kan man välja önskat visningsdatum och genom en knapptryckning aktiveras ett makro som överför valt datum till databladet och hämtar data för önskad period.

Numeriska fönster visar totalförbrukning och kostnader för den valda perioden medan periodtrender presenteras i grafer. Alla blad innehåller en dynamisk graf vilket tillåter användaren att ur en lista välja viken typ av data som visas (se figur 17, s. 41). Under dessa har sedan skapats ytterligare grafer som anpassats enligt avdelningarnas omständigheter.



Figur 17. Dynamisk graf. Visningsdata i grafen ändras beroende på val ur listrutan ovan.

7.2.4 Datablad

Som tidigare nämnt sker datahämtningen i fem skilda datablad (bilagorna 9 till 11). Dessa blad innehåller datatabeller med standardiserade funktioner för datahämtning. I bladen sätter man enkelt till nya mätare genom att infoga namn, faktor, enhet och datahanteringstyp. Grafer och fönster tar sin information från dessa fält och visar t.ex. m³ eller kWh enligt vad som angetts i databladet. Förbrukning kan också granskas direkt i dessa blad och kontroller finns insatta för att välja datum och hämta data i dessa.

I 24 månaders-databladet visas även producerade kg (bilaga 9). Dessa letas upp ur en lista som fylls i av användaren i inställningsbladet.

7.2.5 Inställningsblad

I inställningsbladet (bilaga 7) kan man ändra bl.a. kostnadsinställningar, rubriknamn och vilka data som ska visas i listrutorna. I detta blad finns även möjlighet att bokföra månatlig produktionsdata för att kunna jämföra energidata mot produktionsrelaterade faktorer.

7.2.6 Infoblاد

I infobladet presenteras de mätare som används i den aktuella arbetsboken tillsammans med förklarande illustrationer. Även övrig information kan infogas i detta blad. I bilaga 8 visas ett exempel där jag ritat upp medwurstfabrikens mätare.

7.2.7 Uppdelningsblad

För att noggrannare se hur el eller kyla fördelas under mätarna kan man gå in i uppdelningsbladen (bilaga 6). Dessa består av standardiserade tabeller där man fyller i effekt och gångtider för olika förbrukare varefter en uppskattad dygns- och årsförbrukning visas. Med pivotdiagram kopplade till tabellerna visas uppdelningen grafiskt enligt önskemål.

8 RESULTAT

Slutresultatet är ett program i Microsoft Excel. Programmet underlättar automatisk hämtning och presentation av vatten- och energidata i företaget. Programmets struktur stöder först och främst avdelningsvis uppföljning men kan även användas för andra typer av uppföljningsobjekt. Mätdata från olika undermätningar i företaget lagras i en SQL-databas och hämtas till Excel med hjälp av rapporteringssystemet ApexRap.

Slutresultatet stöder uppfyllandet av de externa krav som ställs på företagets energiledning och energiuppföljning. Med hjälp av en enkel tillgång till energidata involveras företagets processägare och personal mera i energieffektivitetsarbetet.

Stöd för effektiv återkoppling

Programmet stöder effektiv återkoppling av energiförbrukning genom en mångfaldig presentation av data i form av grafer, text och förbrukningssiffror. Användaren ges möjlighet att jämföra förbrukning under olika tidsperioder och genom historisk återkoppling kan resultatet av olika energieffektivitetsåtgärder granskas. För ytterligare analys har inkluderats tillgång till uppdelningsåterkoppling baserad på uppskattad användning. Detta ger möjlighet att t.ex. se hur årskostnader påverkas av att minska på gångtider för vissa maskiner.

Energiuppföljningsprogrammets uppfyllande av kraven i ISO 50001

ISO 50001-standarden kräver att företaget inför detaljerade energimål för relevanta processer och nivåer i företaget. I detta avseende hjälper programmet till att upprätta samt följa upp detaljerade energimål och nyckeltal på olika nivåer i företaget.

Standarden kräver även att företaget med bestämda intervall utför energikartläggningar baserade på verkliga mätresultat och andra data. Energikartläggningen motsvarar de krav om energibesiktningar i stora företag som ställs i EED och energieffektivitetslagen. Programmet ger underlag för analys av energianvändning och energikonsumtion som baseras på verkliga mätresultat. Det tillåter även granskning av faktorer som inverkar på energianvändning genom att inkludera jämförelse mot utomhustemperatur och produktionsdata. Genom kontinuerlig uppföljning får man fram tidigare och aktuella användningsprofiler ända ner till timnivå. Programmet hjälper i kartläggningen också till att identifiera stora energiförbrukare genom att elförbrukare finns beskrivna för de elcentraler som mäts.

I standarden nämns också att personalen ska informeras om fördelarna med förbättrad energiprestanda samt få veta hur deras aktiviteter och handlingar bidrar till att uppnå energimål. Genom att i programmet bl.a. presentera förbrukningskostnader kan man förstå de ekonomiska fördelarna med att spara energi. En ständig och detaljerad återkoppling gör också att personalen bättre förstår sin egen inverkan.

Stöd för intressenter i företagets tillämpade energiledningssystem

Programmets fyra olika uppföljningsvyer uppfyller alla sitt specifika syfte beroende på om man vill se längre trender eller om man vill analysera enskilda avvikelser. Dessa är dock även utformade att på olika sätt stöda intressenternas behov i energiledningssystemet enligt de krav som beskrivs i kapitel 5.1.1.

Års- och månadsvyn (se bilaga 2 och 3) stöder främst energiledningsgruppens månatliga genomgång genom att tillåta insättning och granskning av månadsvisa mål tillsammans med nyckeltal. Dessa vyer är också lämpliga för teknikchefen till att granska resultat av större systemändringar och energieffektiviseringsåtgärder. Processägarna får i dessa blad också en större kännedom om produktionsrelaterade faktorerers inverkan genom att månadsvis produktionsdata kan jämföras mot energiförbrukning.

Veckovyn (se bilaga 4) utformades främst som understöd till produktionspersonalen. Denna vy är enklare och graferna är detaljerade för att man lättare ska kunna urskilja beteenderelaterad inverkan. Genom att jämföra veckodagarnas förbrukning mot föregående vecka får man en kortsiktig målförbrukning. Även dagsvyn (se bilaga 5) är intressant för personalen där de på timnivå kan granska sin inverkan under arbetsdagen.

9 SAMMANFATTNING

Jag har haft väldigt fria händer att utveckla energiuppföljningsprogrammet och resultatet skulle ha kunnat se ut på många olika sätt. Något som jag funderade på var att även inkludera graddagskorrigeringar på värmeenergin för att kunna normera förbrukningen mot utomhusklimat. Detta skulle dock ha blivit komplext att genomföra och jag försökte att hålla programmet så enkelt och lättolkat som möjligt. Utomhustemperaturer följs därför endast upp som ett jämförande värde.

Vid granskning av ISO 50001 upplevde jag till en början texten som väldigt svårtolkad, då jag inte tidigare hade erfarenheter av ISO-ledningssystemstandarder. Efter många genomgångar började jag dock förstå standardens innebörd, och vilka krav som ställs på uppföljning. Den mest utmanande delen i det praktiska arbetet har varit att hålla programmet robust, användarvänligt och lättförståeligt då jag samtidigt ville göra det mångfunktionellt med flera analysmöjligheter. En annan utmaning vid utformning av programmet har också varit att effektivt kombinera olika användargrupperns intressen i ett och samma program och för detta har många överväganden gjorts. Jag har under arbetet fått många insikter i hur utmanande det faktiskt är att utveckla ett användarvänligt och funktionellt program.

Under utvecklingen har jag även stött på många problem och buggar i Excel som inte märks vid vanlig användning. Figurer och datumformateringar som slumpvis ändras är några exempel. Yttre problem kring uppföljningen har varit överföring av mätdata. Vid fysisk avläsning av olika mätare på medwurstavdelningen konstaterades att flera av dessa kastar mot lagrad information. Detta är ett problem med pulsavläsning, då olika störningar och avbrott ger upphov till felaktiga data. Till detta behövs ännu korrigerande åtgärder och vidare uppföljning för att säkerställa att man verkligen kan lita på all förbrukningsinformation som presenteras.

Examensarbetet har varit verkligt utmanande men även väldigt lärorikt. Arbetet har inkluderat flera olika delområden, där jag har fått teoretiska insikter om energilagrar och energiledningssystem samtidigt som jag har erhållit mera konkreta kunskaper gällande mätapparatur, dataöverföring och energiteknik. Vid utvecklingen av programmet har jag även lärt mig ett nytt programmeringsspråk, eftersom jag inte tidigare hade erfarenhet av programmering i VBA.

Syftet med att förenkla energi- och vattenuppföljning på avdelningsnivå anses vara uppnått. Företagets handledare har varit nöjd med lösningen och uppföljningsverktyget kommer att tillämpas även på andra avdelningar. Förhoppningsvis kommer programmet att länge kunna vara ett understöd för Snellmans Köttförädling i deras strävan mot att ständig förbättra sin energieffektivitet.

Jag vill slutligen tacka all personal på Snellmans Köttförädling som hjälpt till på olika sätt under arbetets gång. Bland dessa är tidigare nämnda personer på teknik- och IT-avdelningen tillsammans med Markus Gäddnäs och all övrig personal som varit involverad. Ett speciellt tack även till Petja Ylitalo som villigt svarat på många frågor gällande dataöverföringen. På Yrkesskolan Novia vill jag också tacka min handledare Mats Borg som gett mig värdefulla kommentarer gällande den skriftliga delen i mitt examensarbete.

Framförallt vill jag tacka uppdragsgivarens handledare Markus Snellman för att ha gett mig möjlighet att utföra examensarbetet. Markus har gett mig fria händer och samtidigt varit ett enormt stöd under arbetets gång genom att ställa upp med sin tid för att svara på frågor.

10 REFERENSER

- Arbets- och näringsministeriet, 2015. *Energieffektivitet*. [Online]
<https://www.tem.fi/sv/energi/energieffektivitet> [hämtat: 10.12.2015].
- Armatec, u.d. *Fjärravläsning*, <http://www.armatec.com/se/om-armatec/Vanliga-fragor1/fjarraavlasning/>: u.n.
- Bloomberg, M. & Strickland, C., 2013. *Water Meter Data Output To Building Management Systems*, New York.: City of New York department of environmental protection.
- Bovankovich, D., 2011. *Integrating Submeters with Building Management Systems for Energy Efficiency and Cost Savings*, u.o.: E-mon.
- Bygdén, O., 2012. *Testpiloter i praktisk energieffektivisering - Visualisering och kommunikation*. Umeå: Examensarbete. Umeå Universitet, Höskoleingenjörsprogrammet i energiteknik
- Darby, S., 2000. *Making it obvious: designing feedback into energy consumption*, Oxford: University of Oxford.
- Darby, S., 2006. *The effectiveness of feedback on energy consumption*, Oxford: University of Oxford.
- Energiavirasto, 2015. *Tiivistelmä suuren yrityksen energiakatselmuksesta*. [Online]
<https://www.energiavirasto.fi/documents/10191/0/Tiivistelmä%C3%A4%20yrityksen+energiakatselmuksesta/86abbdc9-4a38-49cd-af62-3901f6d00e68> [hämtat: 6.1.2016].
- Fischer, C., 2008. *Feedback on household electricity consumption: a tool for saving energy?*, u.o.: Springer Science.
- Grahm, L., Jubrink, H.-G. & Lauber, A., 2008. *Modern industriell mätteknik - Givare*. 5:3 red. Malmö: Studentlitteratur.
- Hallin, T., Lindstedt, I. & Svensson, T., 2007. *Att presentera förbrukning grafiskt – den samlade kunskapen*, u.o.: Elforsk rapport.
- ISO, 2016. *ISO 50001 - Energy management*. [Online]
<http://www.iso.org/iso/home/standards/management-standards/iso50001.htm>
 [hämtat: 13.12.2015].
- Karjalainen, S., 2010. *Consumer preferences for feedback on household electricity consumption*, Esbo: VTT.
- KYAB, 2016. *Saber visualizer*. [Online]
<http://www.kyab.se/index.php/se/saber-visualizer> [hämtat: 02.02.2016].
- Mahone, A. & Haley, B., 2011. *Overview of Residential Energy Feedback and Behavior-based Energy Efficiency*, San Francisco, CA: Energy and Environmental Economics, Inc.

Malmberg, G. & Nyholm, K., 2004. *Praktisk processautomation*. Markyard: Skogsindustrins utbildning i Markaryd.

Motiva, 2014. *Energiatohokkuuden mittaus ja seurantajärjestelmien hankinta*. [Online] http://www.motiva.fi/files/9845/Energiatohokkuuden_mittaus-ja_seuranta_jarjestelman_hankinta.pdf [hämtat: 15.3.2016].

Motiva, 2015. *Kulutusseuranta: Motiva Oy*. [Online] http://motiva.fi/julkinen_sektori/energian_kayton_tehostaminen/kiinteistojen_energianhallinta/kulutusseuranta [hämtat: 1.2.2016].

Nilsson, L., 2013. *Användarrelaterad energieffektivisering*. [Online] [hämtat: 22.3.2016].

Nilsson, S.-E., Aronsson, S., Bergsten, B. & Ekberg, L., 2000. *Energiledning*, Göteborg: Energimyndigheten i Sverige.

Rintala, S., 2009. *Käyttöohje ApexRap-raportointisovellus*, Kokkola: ApexRap.

Snellmankoncernens årsberättelse, 2014. *Snellmangroup*. [Online] http://www.snellmangroup.fi/vuosikertomukset/SNE_%C3%A5rsber%C3%A4ttelse_2014.pdf

SS-EN ISO 50001:2011, 2011. *Energiledningssystem - Krav med vägledning för användning*. Stockholm: SIS förlag Ab.

Svensk fjärrvärme, 2014. *Tekniska branschkrav och råd om mätarhantering*. [Online] http://www.svenskfjarrvarme.se/Global/Rapporter%20och%20dokument%20INTE%20Fj%C3%A4rrsyn/Tekniska_bestammelser/Aldre_ej_gallande_tekniska_bestammelser/Kundanlaggningar/Varmematare_Tekniska_branschkrav_och_rad_om_matarhantering_F-104_2004.pdf [hämtat: 24.3.2015]

Walkenbach, J., 2007. *Excel 2007 Power Programming with VBA*. Hoboken: Wiley Publishing, Inc..

Valtanen, E., 2013. *Tekniikan taulukkokirja*. 20 red. Mikkeli: Genesis-Kirjat Oy.

Valtioneuvosto, 2014. [Online] http://valtioneuvosto.fi/sv/artikeln/-/asset_publisher/energiatohokkuuslaki-lisaa-energian-saastoa-ja-vahentaa-kulutusta [hämtat: 22.12.2015].

Voltium, 2013. *Studier inom energiuppföljningssystem*. [Online] <http://www.voltium.se/articles/studier-inom-energiuppfoljningssystem> [hämtat: 20.01.2016].

Välkommen till huset, 2015. *Välkommen till huset: Infohäfte för Snellmans personal*, Jakobstad: Snellman Oy.

Yle nyheter, 2016. *Yrityksiltä 800 miljoonaa energiatehokkuuteen – lihatalo Snellman säästää puoli miljoonaa vuodessa*. [Online]
http://yle.fi/uutiset/yrityksilta_800_miljoonaa_energiatehokkuuteen_lihatalo_snellman_saa_astaan_puoli_miljoonaa_vuodessa/8747920 [hämtat: 11.4.2016].

Finlands författningssamling

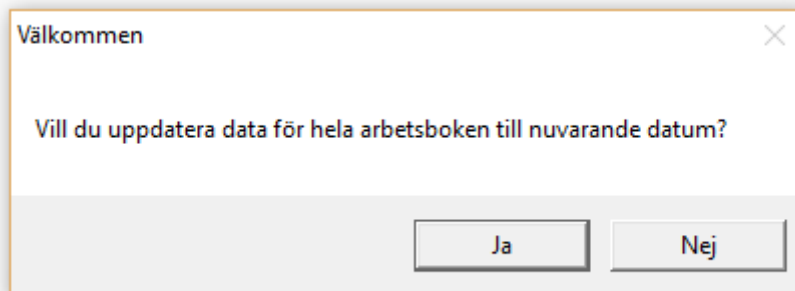
Energieffektivitetslag 30.12.2014/1429. www.finlex.fi [hämtat: 15.03.2016]

Statsrådets förordning om utredning och mätning av elleveranser 5.2.2009/66.
www.finlex.fi [hämtat: 20.03.2016]

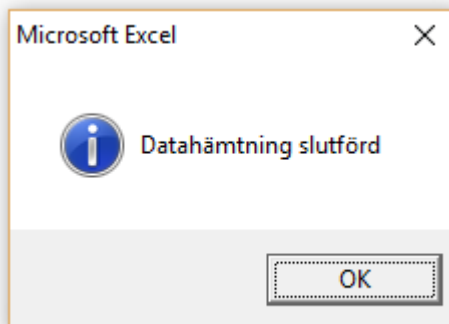
EU:s författningssamling

Energieffektivitetsdirektiv (EED) 25.10.2012/27/EU. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:315:0001:0056:SV:PDF>
[hämtat: 17.02.2016]

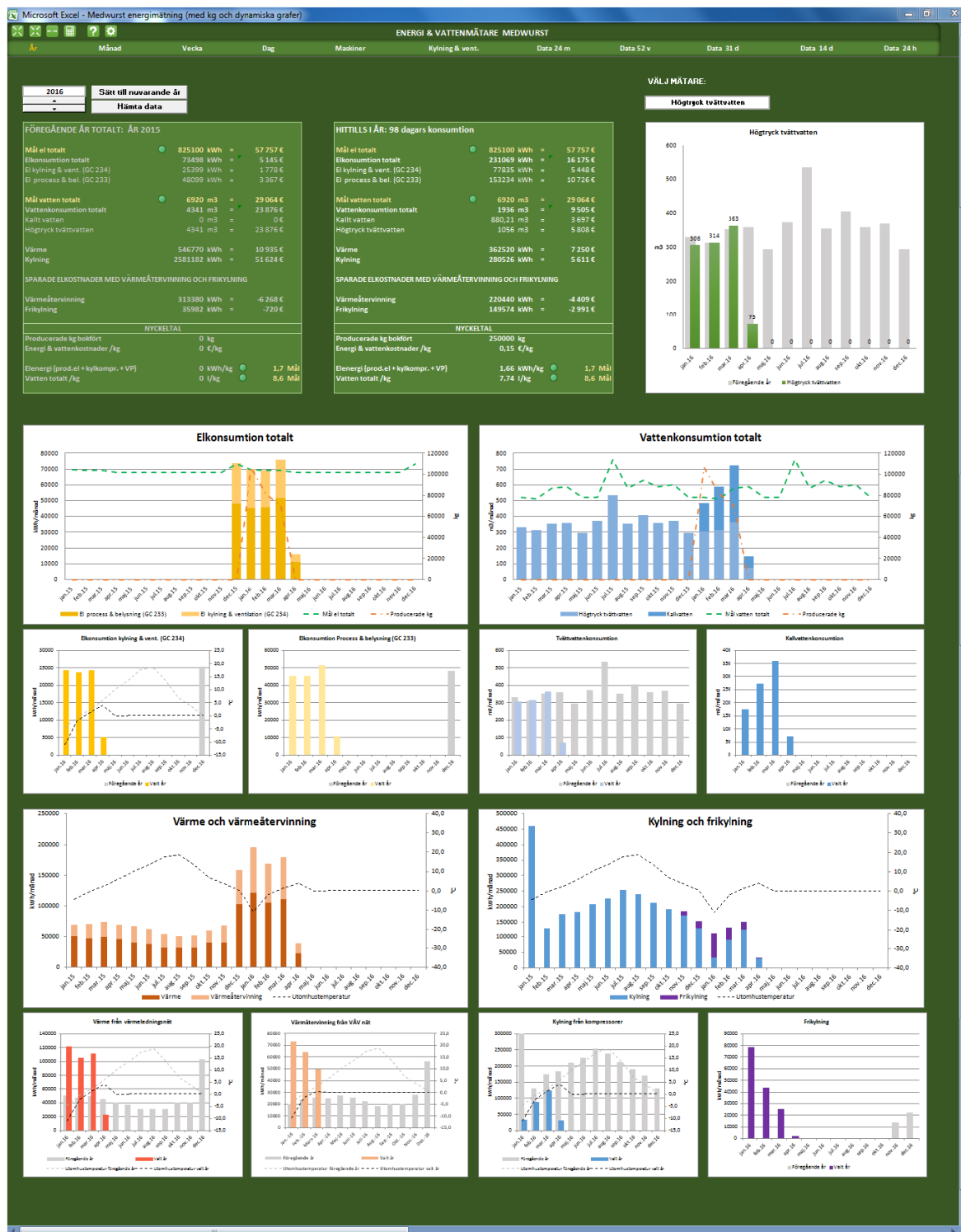
Meddelandefönster vid öppning av arbetsbok



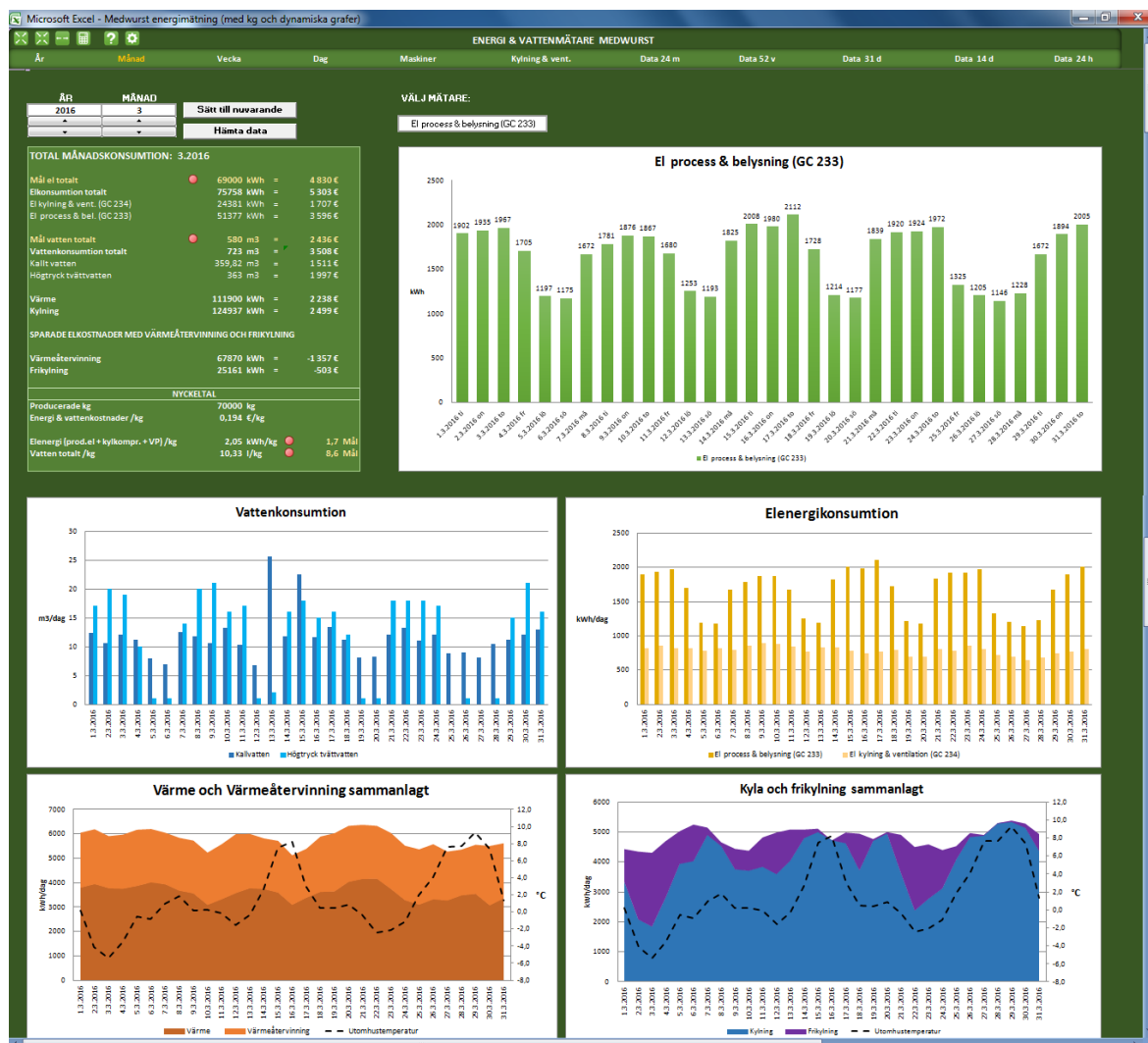
Meddelandefönster när data hämtats



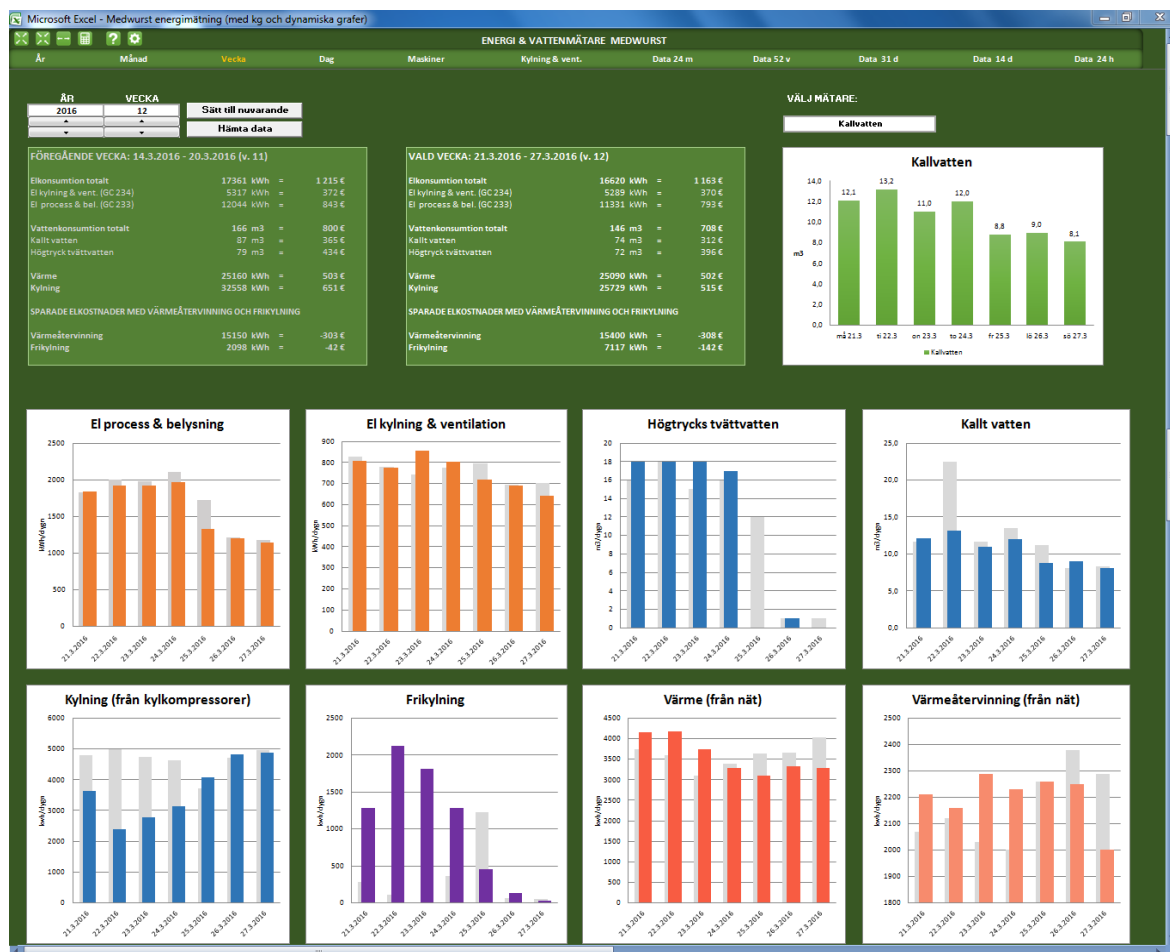
Grafisk årsvy



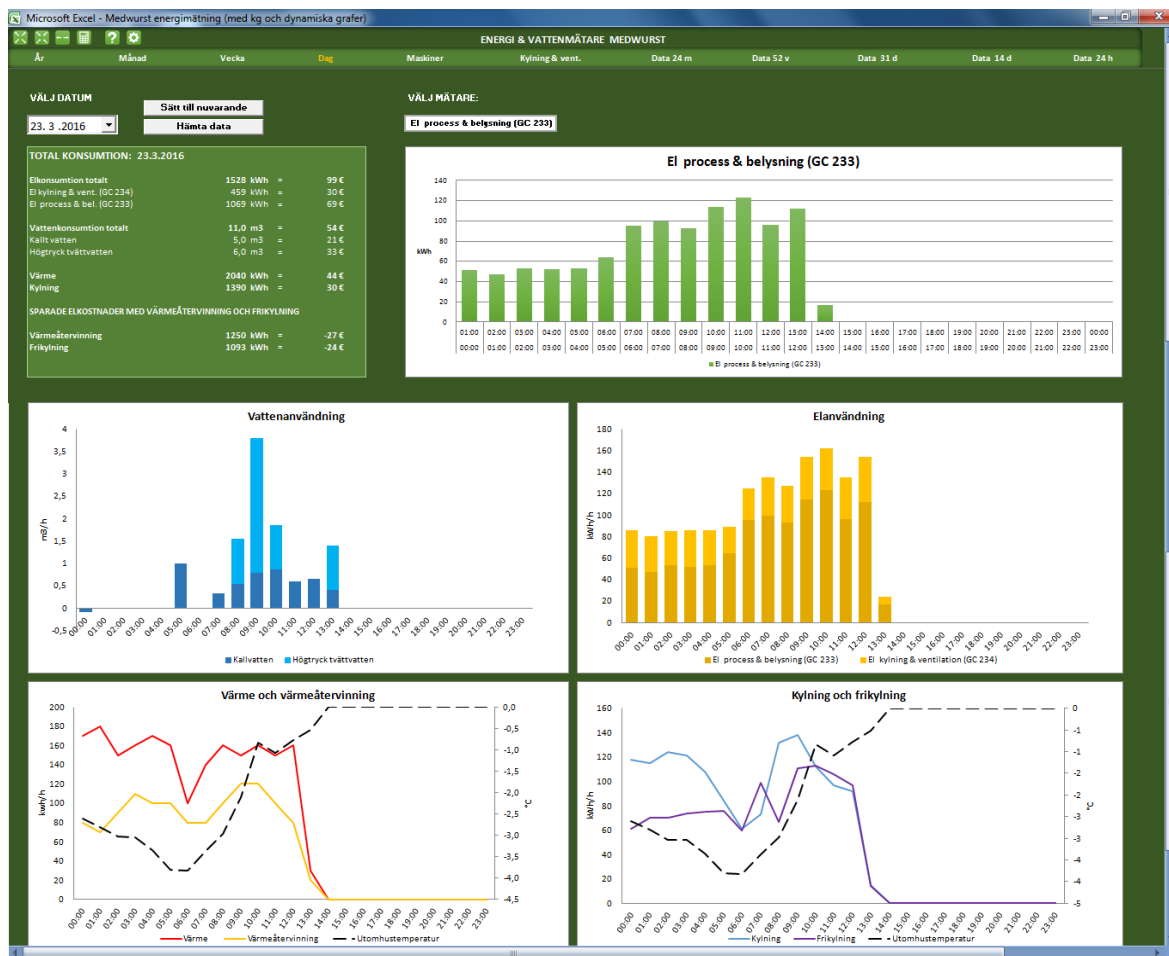
Grafisk månadsvy



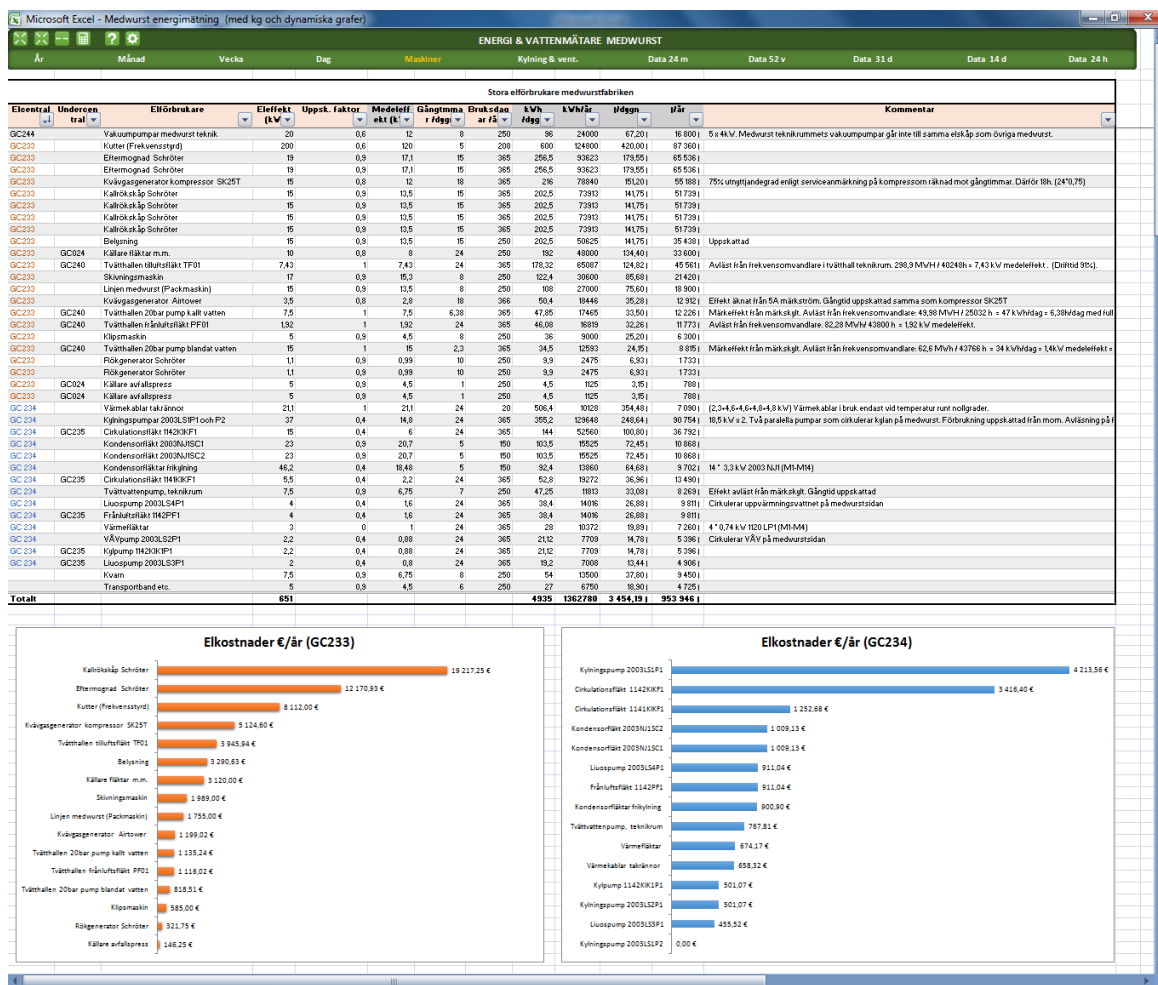
Grafisk veckovy



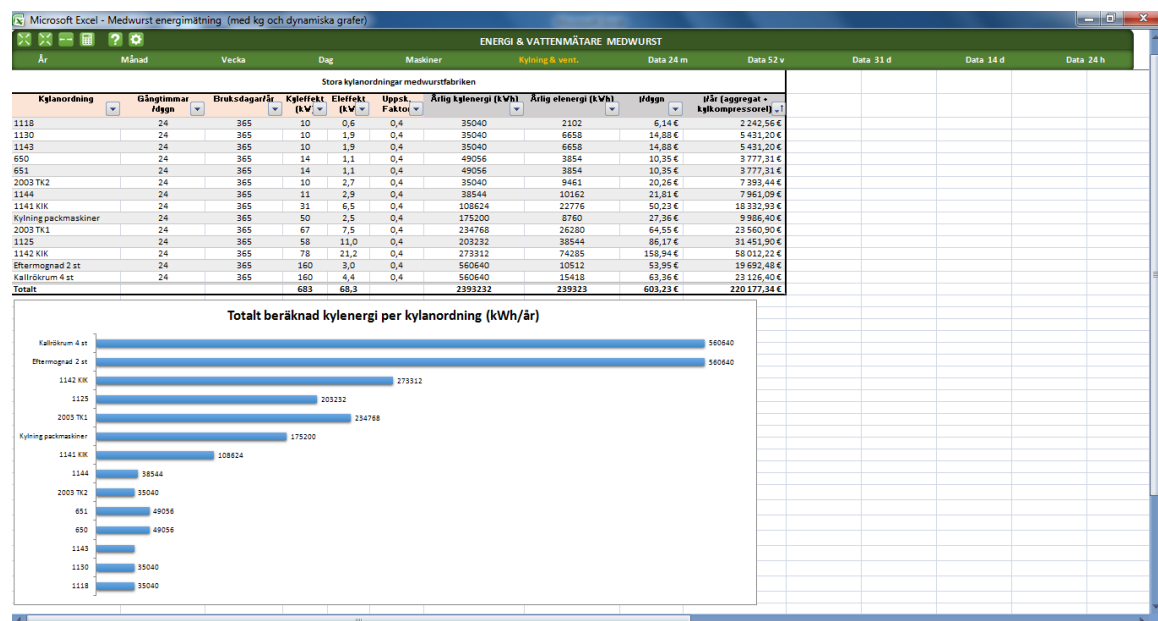
Grafisk dagsvy



Uppdelning av elförbrukare



Uppdelning av kylanordningar



Inställningsblad

Microsoft Excel - Medwurst energimätning (med kg och dynamiska grafer)

ENERGI & VATTENMÄTARE MEDWURST

År Månad Vecka Dag Maskiner Kyllning & vent. Data 24 m Data 52 v Data 31 d Data 14 d Data 24 h

I detta blad kan man ställa in olika parametrar i arbetsboken

Referensrubriker, dropdownlistor	
Produktnamn på navigeringstält	Dropdownreferens
Energi & vattenmätare medwurst	Ei process & belgning (GC 232)
	Ei kylning & ventilation (GC 234)
	Värme
	Kylning
	Värmeåtervinning
	Frikylning
	Kallvatten
	Högttryck tvättvatten
	Utomhustemperatur

Kilogram	
Producerad kg	Valfri övrig kg
jan.2016	
feb.2016	
mar.2016	
apr.2016	
maj.2016	
juni.2016	
juli.2016	
aug.2016	
sep.2016	
okt.2016	
nov.2016	
dec.2016	
jan.2017	
feb.2017	
mar.2017	
apr.2017	
maj.2017	
juni.2017	
juli.2017	
aug.2017	
sep.2017	
okt.2017	
nov.2017	
dec.2017	
jan.2018	
feb.2018	
mar.2018	
apr.2018	
maj.2018	
juni.2018	
juli.2018	
aug.2018	
sep.2018	
okt.2018	
nov.2018	
dec.2018	
jan.2019	
feb.2019	
mar.2019	

Prisinställningar	
Ei	- jk/vh
Värme	- jk/vh
Kylning	- jk/vh
VdV	- jk/vh
Frikylning	- jk/vh
Kallvatten	- jlm3
Varmvatten	- jlm3
Tvättvatten	- jlm3

Datajämningsformler	
Differens	=OMF8 mai-mat
Summa	=OMF8 sum
Medelvärde	=OMF8 avg
Anpassad	=egen id

Referensblad för skärmbredd

Microsoft Excel - Medwurst energimätning (med kg och dynamiska grafer)

ENERGI & VATTENMÄTARE MEDWURST


År Månad Vecka Dag Maskiner Kyllning & vent. Data 24 m Data 52 v Data 31 d Data 14 d Data 24 h

Detta blad används som referensbredd för att anpassa skärmbredder till rätt zoomning. Eftersom olika skärmar har olika upplösningar och bredder så kan arbetsboken vara för mycket in eller utzoomad vid öppning.

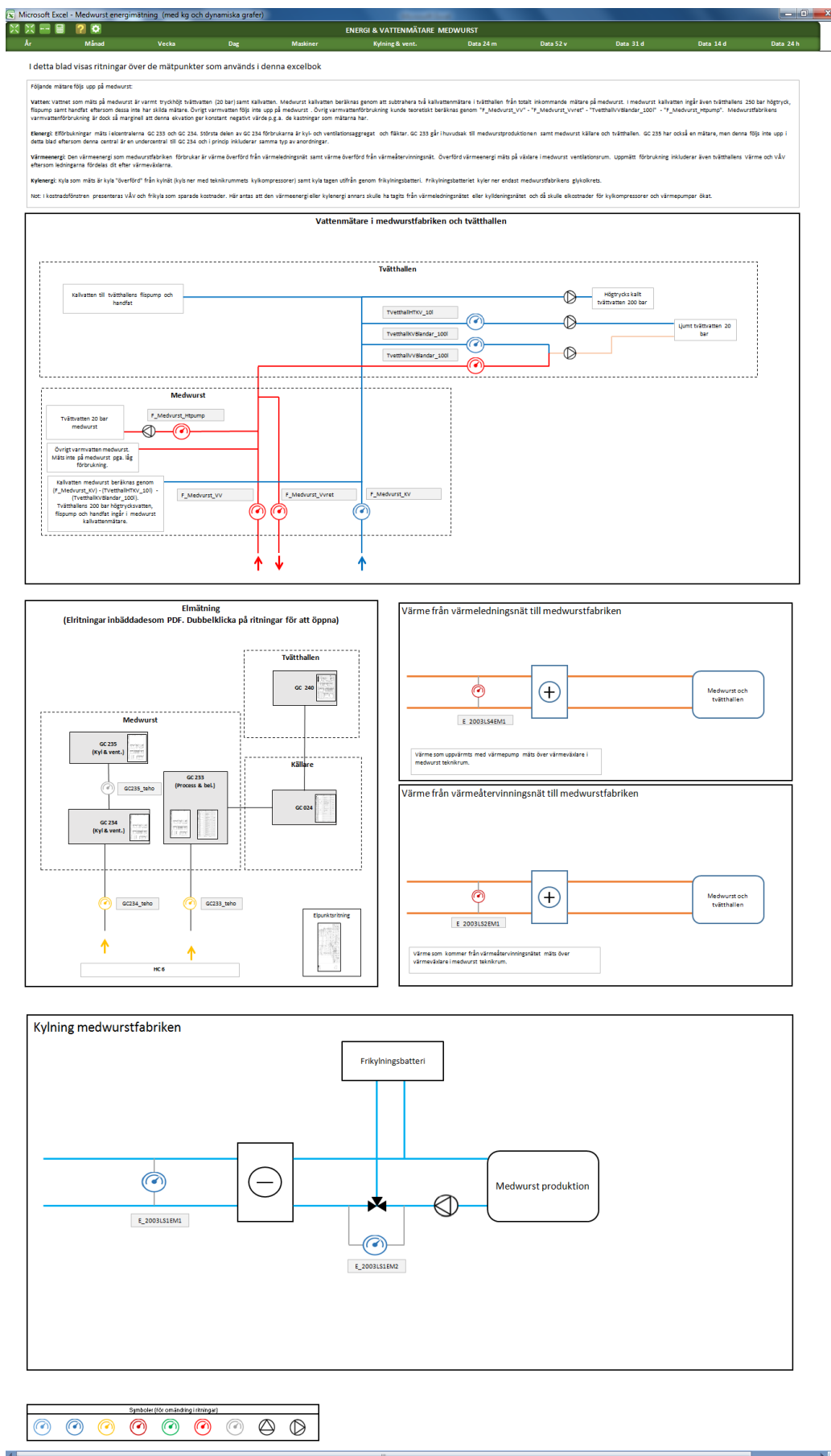
Klicka på något objekt och vill återställa zoomningen för att se hela navigeringsfältet igen finns en knapp för detta i navigeringsfältet.

När man klickar på skärmansvaringsknappen öppnar bilden kört ett program bakgrunden som på till detta blad och zoomar in så att kolumnerna A-H syns på skärmen.

Programmet applicerar sedan samma zoomnivå på alla blad. Bladet är låst för att kolumnbredderna inte ska ändras i misstag, då de är inställd till samma bredd som navigeringsfältets bredd.



Informationsblad



Datablad 24 månader

Datablad en månads dagar

[illegible]

Datablad 52 veckor

Microsoft Excel - Medwurst energimätning. (med kg och dynamiska grafer)

År

Vecka

Dag

Maskiner

Kylning & vent.

Data 24 m

Data 52 v

Data 31 d

Data 14 d

Data 24 h

ENERGI & VATTENMÄTARE MEDWURST

DENNA DATATABELL ANVÄNDS INTE I DE GRAFISKA BLADEN OCH UPPDATERAS INTE VID START

År

Vecka

Startdatum

Hämta

2017

1

21.12.01

←

→

↶

↷

El

El

Värme

Kylning

Värme&Kyl

Frys&Is

Kolvärme

Tvåtnett

Tvåtnett

Kolvärme

Högtryck

Utsäktstemporer

GC233

GC234

E_2000L

E_2000L

E_2000L

F_Medv

Tvåtnett

Tvåtnett

F_Medv

UKOL

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

Differans

Differans

Summa

Summa

Summa

Differans

Differans

Differans

Differans

Differans

Differans

Differans

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

Datablad 14 dagar

Microsoft Excel - Medwurst energimätning (med kg och dynamiska grafer)

Datablad 24 timmar

Microsoft Excel - Medwurst energimätning (med kg och dynamiska grafer)

ENERGI & VATTENMÄTARE MEDWURST

År: Vecka: Dag: Maskiner: Kylning & vent.: Data 24 m: Data 52 v: Data 31 d: Data 14 d: Data 24 h

År

2016

13

20.3.2016

Vecka

13

20.3.2016

Startdatum

2016

13

20.3.2016

Hämta

Energi		Värme och kyl										Kylsystem				HT		Temp.	
El	El	Värme	Kylning	Värme	Värme	Värme	Värme	Värme	Värme	Värme	Värme	Kylström	Tröskel	Tröskel	Kylström	Rögregel	Tröskel		
GC233	GC234	E_2003	E_2003	E_2003	E_2003	E_2003	E_2003	E_2003	E_2003	E_2003	E_2003	F_Med	F_Med	F_Med	F_Med	F_Med	UKOL		
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1		
Differenz	Differenz	Summa	Summa	Summa	Summa	Summa	Summa	Differenz	Differenz	Differenz	Differenz	Differenz	Differenz	Differenz	Differenz	Differenz	Differenz		
W/h	W/h	W/h	W/h	W/h	W/h	W/h	W/h	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3		
23.3.2016	23.3.2016	2016	3	lördag	1839	806	4160	3634	2210	1212	31	12,7	26,2	12,1	18	-0,3			
23.3.2016	23.3.2016	2016	3	lördag	1920	776	4170	2315	2160	2123	65	15,4	36,4	13,2	19	-2,4			
23.3.2016	24.3.2016	2016	3	söndag	1824	856	3750	2773	2230	1817	47	14,3	21,1	11,0	19	-2,1			
24.3.2016	25.3.2016	2016	3	torsdag	1912	882	3230	3126	2230	1280	39	9,2	17,8	12,0	17	-1,1			
25.3.2016	26.3.2016	2016	3	fredag	1925	711	2110	4014	2260	452	9	0,1	0,1	0,1	0	2,0			
26.3.2016	27.3.2016	2016	3	lördag	1205	631	3530	4838	2250	115	9	0,0	0,0	9,0	1	4,0			
27.3.2016	28.3.2016	2016	3	söndag	1145	640	3280	4983	2000	27	13	0,2	4,7	8,1	0	7,7			
28.3.2016	29.3.2016	2016	3	mandag	1220	681	3430	5286	1870	10	26	6,2	13,3	10,5	1	1,1			
29.3.2016	30.3.2016	2016	3	tisdag	1612	743	3550	5341	2010	48	43	13,1	18,1	11,2	15	5,3			
30.3.2016	31.3.2016	2016	3	onsdag	1834	787	3060	5140	2430	141	55	16,0	26,3	12,1	21	7,4			
31.3.2016	1.4.2016	2016	3	torsdag	2005	801	3170	4368	2250	512	51	11,2	26,6	13,0	16	1,3			
1.4.2016	2.4.2016	2016	4	fredag	1695	695	3100	4014	2210	107	58	7,1	20,3	10,6	9	0,4			
2.4.2016	3.4.2016	2016	4	lördag	1195	755	3180	4058	2350	724	9	0,1	0,2	8,7	1	5,1			
3.4.2016	4.4.2016	2016	4	söndag	1214	778	3520	4624	2210	459	36	1,2	13,0	8,6	1	2,8			